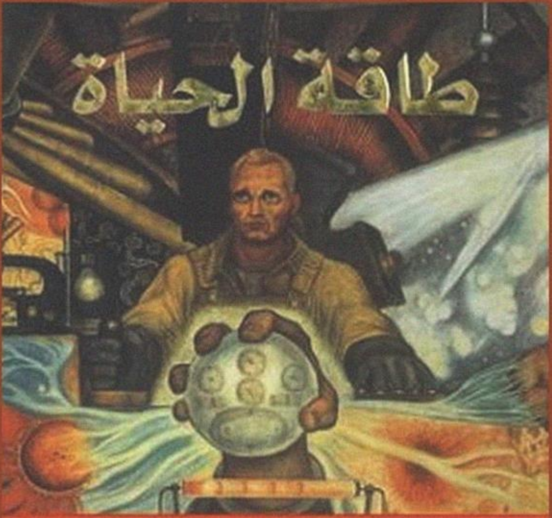


غاي براون

تعريب : أحد العمري

مكتبة العبيكان

طاقة الحياة

طاقة الحياة

غاي براون

تعريب
أحمد العمري

مكتبة العبيكان

Originally Published in English by Harper Collins Publishers Ltd Under the title:

ENERGY OF LIFE

الرياض 11452، المملكة العربية السعودية، شمال طريق الملك فهد مع تقاطع العروبة، ص.ب. 6672
Obeikan Publishers, North King Fahd Road, P.O.Box 6672, Riyadh 11452, Saudi Arabia

الطبعة العربية الأولى 1424 هـ ـ 2003م

ISBN 9960-40-253-3

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

براون، غاي
طاقة الحياة تعريب: أحمد العمري
496 ص، 14,5 × 21 سم
ردمك: ISBN 9960-40-253-3
1 ـ الطاقة 2 ـ مصادر الطاقة
أ ـ العمري، أحمد (تعريب) ب ـ العنوان
ديوي 531,6 5570 ـ 23 رقم الإيداع: 5570 ـ 23

ردمك: ISBN 9960-40-253-3

الطبعة الأولى 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

المحتوى

كلمة شكر

أقدِّم شكري الخالص إِلى پيتر نيكولز Peter Nicholls، وكريس كوپر Chris Cooper، وسارة رادكليف Sarah Radcliffe، وجيوفري لويد Geoffrey Lloyd، وروي پورتر Roy Porter، وجيني رادكليف Jenny Radcliffe، وڤيلما بوراتيت Vilma Borutaite، وألان ليكوك Alan Laycock، وتوبي ماندي Toby Mundy، وسوزانا كينغ وأسرة براون لتقديمهم النصح والتشجيع والنقد. كما أقدِّم امتناني العميق إِلى سارة وأسرتها لإتاحتهم لي الجو المناسب، كما أن مؤسَّسة ويلكم ترست قدَّمت لي الإلهام والوسيلة لتحقيق حلمي في كتاب حقيقي، وذلك بمنحي أول جائزة لكتابة العلوم المُيَسَّرة سنة 1997.

تمهيد

نستيقظ صباح كل يوم من حياتنا وننتقل من اللاوعي إِلى الوعي، ومن العدم إِلى الوجود، ومن الحلم إِلى الحقيقة. وعندما تصدمنا الحقيقة كاملةً علينا أن نختار بين العودة إِلى العدم أَو التمسك بالحقيقة. ولكي نستيقظ وننسجم مع الحياة، فإننا نحتاج إِلى طاقة: طاقة بدنية، وطاقة فكرية. إننا نحتاج إِلى طاقة بدنية لننهض من السرير، وَنُحَضِّر الشاي، ونلحق حافلة النقل، ونتغلَّب على منافسينا، ثم نعود أدراجنا إِلى البيت. أمّا الطاقة الفكرية فإنها تَحثُّنا وتدفعنا إِلى أن ننهض من السرير وأن نفعل شيئاً. يبحث هذا الكتاب في ماهية الطاقة، وكيف نحصل عليها، وكيف نفقدها ثانية. ولكننا سنبحث، أثناء مناقشة هذه الأمور الواقعية، قضايا أساسية أُخرى. ما هي الحياة؟ وكيف تعمل؟ ولماذا نبذل جهداً للنهوض من السرير صباحاً؟

ولكن ما هذا الشيء ـ الطاقة ـ الذي يفرّق بين القوي والضعيف، وبين الشاب والمسنّ، وبين الحي والميت؟ كيف تبعث الطاقةُ الحركةَ في البدن والفكر؟ كيف تساعد الجسمَ أن ينمو، والإصبع أن يتحرَّك

والعقل أن يفكّر؟ إن الطاقة عنصر مكوّن أساسي للكون. بل هي أكثر أهمية من المادّة. إن الطاقة هي أصل كل تغيير. وكلُّ حَدثٍ في الكون؛ من تصادم الذرات إِلى انفجار النجوم، يَستخدِم الطاقة. وأجسامنا خاصة، حتى لو كنا في حالة نوم بلا أحلام، تحتاج مقادير كبيرة منها. ولكي تَكون حياً يلزم أن تَكون مُحَوِّلاً مستمراً للطاقة، أي آلة تحوّل الطعام الذي نأكله والهواء الذي نتنفسه إِلى وثبة راقص أَو حلم شاعر .

ودرجة الطاقة التي تشعر بها تشير، على نحو كبير، إِلى درجة سعادتنا وصحتنا وقدرتنا على الإنتاج والإبداع. وقد يكون من الأفضل أن نعرف، من أجل خيرنا العام وسعادتنا، ما يزيد طاقتنا أَو يهدرها، من أن نعرف المقدار الذي تناولناه من السعرات الحرارية أَو حسابنا المصرفي. إن الطاقة جانب أساسي من حياتنا، وبدونها يتقلّص عالمنا الشخصي إِلى بضع مهام أساسية وبعض أشخاص وأماكن: وذلك لأننا لا نملك من الطاقة لمواجهة أي شيء أكثر من الحد الأدنى الضروري. ولكن مع توفّر الطاقة البدنيّة والفكرية، فإن العالم ينفتح أمامنا، فتزداد علاقاتنا مع النّاس، وتتوسع مشاريعنا ومجالاتنا لتملأ كل الوقت المتوفر لدينا.

فالحيوية والحب والنشاط والثقة والقدرة على التركيز والعمل بلا توقف، والتفكير بسرعة وعلى نحوٍ منطقي، ومقاومة التعب والإرهاق ـ وباختصار «الطاقة» ـ صفات أساسية، وقبل كل شيء، ضرورية للنجاح في الحياة. فأهم الصفات الحيوية من أجل النجاح في العمل

حسب قائمة صحيفة هارفرد بيزنس Harvard Business Review تقوم على «المستوى العالي من الحافز والطاقة»؛ فالجميع يبحثون عن تلك الحيوية التي يتمتع بها الأصدقاء والعاشقون والتي تساعدهم على «تحقيق أغراضهم»، وغالباً ما يبحث المرء عن الطاقة في ذاته: أي عن الدافع والحافز لكي ينهض ويفعل شيئاً، وعن الجَلَد والقوة والعزيمة لتحقيق ما يفعله الآن وضرورة ما سيفعله في المستقبل. ويبحث المرء كذلك عن الشجاعة وقوة الإرادة لتغيير الاتجاه والقضاء على الروتين. وقد نعرف كيف نفعل شيئاً، ولكن بدون إرادة وطاقة، فإن ذلك لن يتحقَّق. وبدون طاقة عقلية لا يمكن أن يكون هنالك متعة أَو بهجة أَو حماسة. ولكن يبدو أن التعب العقلي والبدني يصيب الجميع تقريباً: فنقص الطاقة من الأعراض الشائعة التي يذكرها المرضى أمام أطبائهم. فالاكتئاب والإرهاق، كما يبدو، مَرَضان مستوطنان في مجتمعنا. والجميع يريدون المزيد من الطاقة.

ويتابع كتابنا **طاقة الحياة** تطور أفكارنا حول الطاقة الأحيائية، بدءاً من منشئها قبل التاريخ كمفهوم عن الحياة إِلى آخر الأبحاث حول الجسم الكهربائي والدافع النفسي. وقصة الطاقة الحية تظهر في مظاهر شتى؛ كالحرارة الحيوية أَو الروح pneuma عند الإغريق القدماء التي تُحضَّرُ في فرن القلب، أَو كطاقة تشي chi في الصين التي تجري في خطوط على طول جسم الإِنسان، أَو كطاقة برانا Prana في الهند التي تزلزل جسم أتباع فلسفة اليوغا، وكالقوة الحيوية التي بحث عنها الكيميائيون القدماء في أحلامهم عن الذهب والحياة الدائمة، أَو

كالطاقة الجنسية وتفريغها، كما يقول فرويد في العصور الحديثة.

وقد ساعدتنا السنوات الخمسون الأخيرة على الإجابة عن الأسئلة الرئيسية حول ما هي الطاقة، وكيف تحثّ الجسم والفكر! وتبدو الأجوبة في البداية أكثر غرابة من الأسئلة. فأجسامنا وأفكارنا تُدارُ بالكهرباء، وخلايانا تُزوَّدُ بالطاقة بواسطة حقول كهربائية كبيرة تدفع تيارات ضخمة خلال آلات دقيقة للغاية: محركات، وصمامات، ومضخات، وقواطع كهربائية، ومصانع كيميائية... تخلق معاً الحياة الخلوية. ومن الممكن أن نتخيل دندنة hum كهربائية سارة ضمن الخلية، بصرف النظر عن سرعة النشاط المسعور والقوى الجبارة والشرر المتطاير من تسرّب الإلكترونات المهدّدة للحياة. أما الذي يصنع الطاقة الكهربائية فعبارة عن تريليونات من الجراثيم الدقيقة كانت قد غزت أسلاف خلايانا منذ بلايين السنين، ويعيش آلاف منها الآن في كل خلية من جسمنا. ولكن هؤلاء الغزاة الذين يبدو أنهم يتعايشون بسلام ووئام مع الخلية، يمكن أن يكونوا أعداء في داخلها. وتُبينُ الأحداث أنهم قتلة الخلية الصامتون، وأنهم متورّطون في عدد من الأمراض القاتلة والعجز البدني والعقلي والشيخوخة، مما يؤدي إِلى تدهور في الطاقة البدنية والفكرية يتعذّر تجنّبه.

ولا تزال الطاقة التي تحرِّك وتحثّ الفكر لغزاً محيراً. إِلاَّ أن التكنولوجيا الحديثة الآن تساعدنا أن نتصوّر ونرى التغيرات في الطاقة داخل أدمغتنا من لحظةٍ إِلى أُخرى، وذلك أثناء تفكيرنا وشعورنا. ولقد اكتشف الإِنسان الآن كيمياء الدماغ وسُبل السيطرة على اليقظة

والقلق والدوافع، فأصبح أخيراً قريباً من فهم ما هي البهجة والكآبة وكيف نسيطر عليهما بالعقاقير. إننا نعرف الآن أن البدانة وزيادة الوزن تزيدان بإشارة يطلقها الدسم، تعمل بأمر من الدماغ، لضبط الشهية واستهلاك الطاقة. لقد تَقصّى الإِنسان منشأ القدرة الجنسية في الأعماق المظلمة للدماغ، وبدأنا نفهم كيف يتواصل الجسم والعقل في حالة الصحة والمرض، ولماذا يسبب التوتر والكآبةُ المرضَ، ولماذا يؤدي المرض بدوره إِلى التعب؟!

وليس من المهم أن نعرف سرعة تراكم المعرفة، ولكن الأسئلة التي تطرح نفسها هي: لماذا نستخدم الكثير من الطاقة؟ لماذا الحياة قصيرة؟ هل يوجد علاقة بين الطاقة والزمن؟ لماذا يبدو لنا أن الزمن يسير بسرعة؟ ولماذا تبدو الحياة أقل بهجة كلما كبرنا؟ لماذا يتمتع الأطفال بالكثير من الطاقة؟ لماذا يتعب الجسم والعقل، ولماذا يحتاج الإِنسان للنوم؟ ما هو التعب المزمن؟ ما هو الفكر وماذا يحثّه؟ ليس هنالك حتى الآن أجوبة أكيدة لهذه الأسئلة، ولكن هنالك إجابات محتملة ومذهلة أيضاً.

إن شعورنا بالطاقة والتعب يتعاظم ويتضاءل في النهار وخلال تقدّم الحياة، وعلى نحوٍ يمكن التنبؤ به. وربما نشعر بالتعب الآن. ولكن ما هو التعب والإعياء؟ هل تشعر بالإرهاق في نهاية النهار بسبب نفاذ الطاقة أم لأن الدماغ يدفعك للنوم؟ لماذا يحدث هذا التقلّب العجيب لمستوى الطاقة كل يوم؟ أتتعب خلال تقدّمك بالعمر لأن طاقتك نفذت أم لأن المورثات تدفعك أن تنام على نحو دائم؟

تنقسم النظريات الحالية حول طاقة الجسم والفكر إِلى فروع وأُطر فكرية مختلفة. يسعى هذا الكتاب إِلى جمع هذه الأفكار ليُوضح أهمية الطاقة في حياتنا. وفي الواقع، كل شيء نفعله يستخدم الطاقة. وهي تجري في أجسامنا على شكل حركة مدّ وجزر في كل دقيقة من اليوم، ومع كل دفقة من هرمون الأدرانالين Adrenaline، ومع كل فكرة تدور في أذهاننا. ويكون الجسم، خلال نوم بلا أحلام، ساكناً فارغ الذهن. وعندما نستيقظ يصبح الجسم والذهن في حركة دائمة. وعندما تبدأ الحركة بعد سكون ويبدأ النشاط بعد همود، فإننا نقول إن الطاقة وراء ذلك كله. فالطاقة تسبِّب الحركة والنشاط، وقد تُخَزَّنُ الطاقة أَو تُزَوَّدُ من الخارج. فعندما يستيقظ النائم، فإن الطاقة التي تحرّكه وتدفعه للتفكير تأتي من تلك الطاقة المخزنة في الجسم والذهن. إِلاَّ أن هذه المستودعات ينبغي أن يُسَدّ نقصها من مصادر خارجية. أما المفهوم اليومي للطاقة فهو كما يلي: شيء خفي يصنع الحركة والنشاط ولكنها تُستهلك بسبب تلك الحركة، ولذلك ينبغي أن يُسَدّ نقصها. فعندما نشتكي فهذا يعني أن هنالك نقصاً في الطاقة، ونقصد أن قدرتنا من أجل نشاطنا العقلي والبدني قد تراجعت، ويجب أن تشحن هذه القدرة من جديد.

هناك عدة كلمات تعبِّر عن حالة من الطاقة الكبيرة: حيوية، قوة، نشاط، مقدرة، يقظة، حافز، حماس، قدرة على التحمّل، نباهة، اندفاع، متعة. وهنالك عدة كلمات تعبّر عن عكس ذلك: بلادة، لا مبالاة، فتور، جبن، ضعف، تراخٍ، سأم، إعياء، كآبة. وتشتمل هذه

الكلمات على فوارق ضئيلة من المعاني، ولكن ما هو مشترك بينها القدرة أَو الرغبة أن تفعل شيئاً أكثر من المهارة التقنية لتأدية مهمة محددة. وقد توسع المفهوم المبسّط للطاقة ووصل إِلى قدرات ومجالات مختلفة. فلدينا الآن طاقة بدنية، وطاقة عقلية، وطاقة جنسية، وطاقة عاطفية، وطاقة روحية، وطاقة إبداعية... إلخ وإذا كان معنى «طاقة» في العلوم الفيزيائية دقيقاً ومحدداً أكثر مما ذُكر، فإن مرونة المفهوم المبسط للطاقة يحيط بالمعاني المختلفة لكل حياتنا اليومية.

يتناول **طاقة الحياة** المفهوم البسيط والقديم للطاقة الأحيائية، وينظر إليها من منظور العلوم الحديثة. وسوف يشمل عملنا هذا مجالاتٍ واسعةٍ؛ من التاريخ إِلى الفيزياء، ومن علم الطاقة إِلى علم النفس، وذلك بدءاً من نشوء الحياة إِلى أسباب موت الخلية. وسوف نتناول كيف ولماذا اكتشفت الطاقة. وكيف يمكن أن تصنع الآلية الدقيقة للخلايا معجزات من الحركة والفكر. وكيف تخلق نَفْسُ الآلية الوَهنَ والبدانة والمرض والشيخوخة والموت. سوف ندرس كذلك كيف ترتبط الطاقة بالإِحساس بالزمن، ولماذا ننام ونحلم، والعلاقة بين الطاقة والجنس، وصلة الوصل بين الإبداع والجنون. وأخيراً سنعود إِلى مسألة أكثر واقعية وهي لماذا نحن، كأفراد، تنقصنا الطاقة أحياناً وماذا بوسعنا أن نعمل من أجل الحصول عليها؟!

الفصل 1

البدايــات

إن معنى الطاقة «في المرحلة البدائية» لم يكن منفصلاً عن معنى الحياة. و«ما هي الحياة»؟ سؤال تَعَذَّرَ تجنّبه عند أولئك الذين كانوا يواجهون الموت والنزاع كل يوم. وقد يبدو الإنسان الميت حديثاً مشابهاً للحي الذي كان موجوداً قبل لحظات فقط، ولكن ينقص هذا الميت عنصر هام: الحياة. فما هو هذا الشيء الخفي الذي يحرك الحي ولكنه يختفي مع موته.

هنالك إشارات هامة تقدمها لنا الاختلافات الدقيقة بين الحي والميت: الحركة، النَّفَس، خفقان القلب، الإحساس، الدفء، النمو، والوعي (وهو الأقل وضوحاً). وكانت هذه الاختلافات ذات شأن كبير بالنسبة لمفهوم الحياة (والموت) في معظم الثقافات الأولى، ولا تزال ذات شأن بالنسبة لأفكارنا العلمية الحديثة عن الحياة. إِلاَّ أن مجرد قائمة من الاختلافات لا يمكن أن تعطينا نظرية عامة عن الحياة أَو الموت. ولكن ما هي حاجتنا لنظرية عامة..؟ لأن

المواجهة اليومية مع الموت حَضَّتْ على أسئلة واقعية ملحّة: هل نستطيع أن نمنع الموت؟ وإذا كنا لا نستطيع، هل يمكن أن نرجعه إلى الوراء؟ وأخيراً، إذا فشلت كل المساعي، فإن الأسئلة الأخيرة هي: هل الموت نهاية؟ وماذا يصيب الجسم والفكر بعد الموت؟

تصوّر إنسان الكهوف وقد انحنى على امرأته التي توفيت حديثاً: مقطب الجبين، حائراً، في حالة فكرية مليئة بعلامات الاستفهام، وفكرة خطرت له فجأة: «ما هي الحياة؟ وما هو الموت»؟ لا شك أن إنسان كهوف كهذا لم يوجد قط ـ وإنما نحن نتابع أسلوباً قصصياً. ولكن لو تَمَكَّنَ باحث في فترة ما قبل التاريخ أن يكتشف ذهنياً ماهية الحياة لربما لَقَّمها لقرينته أَو محبوبته مرة أُخرى. وعلى إنسان الكهوف هذا أن يسرع قبل أن يتعفن جسمها المحبب والدافئ الآن ويتحول إلى تراب. ولكي يعالج هذا اللغز المحير والكبير، عليه أن يجد تفسيراً للاختلافات بين محبوبته قبل الموت وبعده. أما الإشارات الوحيدة التي لديه فهي تلك التي يستطيع أن يراها أَو يسمعها أَو يلمسها، أما الدليل فهو الجسم. فعليه أن يدرس الجسم. أما معنى الحياة فليس فكرة متسمة بالمبالغة ولكنها، في الواقع، الاختلافات الرهيبة بين الجسم الحي والجسم الميت.

والحركة هي الاختلاف الأكثر وضوحاً. فالميت لا يستطيع أن يرقص بينما يقفز الحي مرحاً. وفي الثقافات الأولى، كثقافات مصر القديمة والإغريق، كانت الحركة تعتبر دليلاً على أن الجسم المتحرك، حتى الشمس التي تعبر السماء، كان «يريد» أَو «ينوي» أن

يتحرك، وأن له عقلاً يرغب بهذه الحركة. ولكن يمكن أن نقول أن هنالك خبثاً ذهنياً في ما يلي: فالجسم الميت يمكن أن يتحرَّك كذلك. فإذا رفعنا الذراع ثم أطلقناها فسوف تقع. وإذا أوقفنا الجسم على قدميه وحرَّكنا ذراعه فسوف يقف ويحرك ذراعه. وإذا رفعنا طرفي الفم إلى الأعلى يُعطينا ابتسامة تشبه ابتسامة الغول (نفترض أن تَيبُّسَ الجسد عند الموت لم يبدأ بعد). إن الاختلاف الجوهري بين الحي والميت ليس الحركة ذاتها بل الحركة العفوية أَو الإرادية. إن الحركة الإرادية تشير من العقل، إنها نوع من الطاقة الفكرية. لقد كان هذا المفهوم عن الحركة المولدة ذاتياً هو الذي استخْدمَتْه الثقافات الأولى ليفرقوا بين العالم المتحرِّك وغير المتحرك. فإذا لم تكن الحركة بسبب أناس أَو حيوانات أحياء، فكانت تُنسب إِلى الأرواح أَو الأشباح أَو الشياطين أَو الآلهة. فالحجر ليس حياً لأنه لا يتحرك من غير إكراه ـ وكذلك الحجر المتدحرج ليس حياً إذا دُفِعَ إِلى أسفل الجبل ـ أما انهيار الثلوج أَو الصخور فربما يعني أنه عَمَلٌ من عَمَلِ إلهٍ أَو شيطانٍ غاضب. فالحركة التي تبدو عفوية، كحركة الريح أَو البرق أَو الشمس أَو الكواكب، كانت تُنْسَبُ إِلى الأشباح أَو الآلهة كما اعتقد المصريون القدماء والصينيّون والإغريق والهنود الأمريكيون.

وفي الحقيقة، إن التمييز بين الأشياء الحية وغير الحية لم يكن واضحاً أَو ذا شأن سابقاً كما هو عليه الآن، لأن العالَم كان مليئاً بالأشباح الخرافية، كما أنّهم اعتقدوا قديماً أن للأشياء غير المتحركة نوايا ورغبات.

علينا أن نلاحظ نوع الحركة التي تعتبر «ذاتية» إنها مبنية على نظرية مستعملة. فقد اعتقد طاليس Thales، المشهور بأنه «جد» الفلسفة والعلوم الإغريقية، وكان ناشطاً حوالي سنة 600 قبل الميلاد، أن لقطعة المغناطيس روحاً لأنها تحرك الحديد. وربما اعتقد ذلك لأن كل الأشياء تتحرّك، كما يبدو، عفوياً في ظروف معينة (مثلاً عندما تسقط). وقد اشتهر بقوله «كل الأشياء مملوءة بالأرواح». وحوالي سنة 350 قبل الميلاد وَصَفَ أرسطو Aristotle، وقد يكون أعظم الفلاسفة والعلماء على الإطلاق، . . . وَصَفَ الإله «بالمحرك الذي لا يتزعزع» أَو المصدر الأول للتغيير والحركة الحرة غير القسرية. أما اليوم فقد ذهبنا إِلى الطرف الآخر. فالكثير من العلماء يعتقدون أنه لا يوجد تغيير أَو حركات عفوية، حتى داخل البشر (لأن كل تغيير سببه تغيير سابق بواسطة آلية ما) ولذلك لا حاجة لآلهةٍ أَو أرواح أَو أشباح. مهما يكن من أمر، لقد حل المفهوم العصري للطاقة محل الاعتقادات القديمة حول الأشباح كمصدر لكل حركة أَو تغيير في الكون.

وعندما يقدم رجل الكهوف فرضيته الجديدة والجميلة ـ أن الاختلاف بين الحياة والموت هو الحركة المولدة ذاتياً ـ إِلى الكهوف المجاورة، فلا يمضي وقت طويل قبل أن تَكْشِفَ امرأةُ كهوف ذكية للغاية الخطأ الموجود في برهانه، قائلةً إنه عندما يكون نائماً أَو فاقد الوعي، فليس هنالك حركة مولدة ذاتياً، ومع ذلك فهو حي، كما تدل المظاهر. وقد تتابع قائلةً إن أي شخص عاقل يعرف في ظروف

كهذه الطريقة التي تميز بين الحي والميت. وهي حركات داخلية دقيقة: تَنَفُّس، نبض، خفقان القلب، ولا نزال نستعمل هذه الحركات الداخلية في تشخيص الحياة أَو الموت، وقد أدّت دراستها والعمليات المتصلة بها إِلى المفهوم العصري عن الحياة وطاقة الجسم.

كان النَّفَس أمراً أساسياً لمعرفة وجود الحياة والطاقة في معظم الثقافات القديمة. ففي مصر، كان النَّفَس مرتبطاً بكلمة (كا) Ka، وهي الروح التي انفصلت عن الجسم بعد الموت. وطاقة النفس كانت تُعرف بكلمة تشي Chi في الصين القديمة، وبكلمة ثايموس Thymos وفيما بعد بكلمة بنيوما Pneuma في اليونان، وبرانا Prana في الهند، علماً أن كل كلمة من هذه الكلمات كانت تعني شيئاً مختلفاً في الثقافات المختلفة المتعلقة بها. وأول دخول وآخر خروج للنَّفس من الجسم كانت كلمات مرادفة لكلمة حياة وموت. وتروي الأساطير اليونانية أن بروميثيوس Prometheus شَكَّل أول إِنسان من التراب والماء ثم جاءت الآلهة أثينا Athens ونفخت به الروح والحياة. وإذا توقف التنفس فإنه يؤدي إِلى فقدان الوعي فالموت. ولذلك كان من الواضح أن الحياة تقوم مباشرة على التَّنفس. ولكن التنفس مرتبط بأمور أُخرى أكثر من مجرد البقاء حياً. فتغيرات النَّفَس والتنَفس تحدث خلال معظم الحالات العاطفية، كما يُلاحظ في العبارات التالية: «لقد سلبته نَفَسَهُ (روحه)» «يلهث متلهفاً» «يتلهف مندهشاً» «يتنهد حزناً» «يتثاءب تعباً» ويُلاحظ أن هذه العواطف مرتبطة بالأصوات وحركات الصدر، وهو أمر قد يقودنا إِلى الاعتقاد أن كل العواطف تقع في الصدر ويُعبر

عنها بالصوت (كما في عبارة «أبعدها عن صدرك») ويمكننا أن نعتبر الحديث نوعاً من النَّفَس، لأن الكلمات تبدو وكأن النَّفَس محلها من الصدر. وفي الثقافات البدائية وشبه المثقفة، غالباً ما كانت الفكرة تُعتَبر كنوع من الحديث، وربما لأن الكثير من التفكير كان بصوت مرتفع. وبما أن الحديث والتعبير عن العاطفة كانا أمرين مرتبطين بالنَّفَس، إذاً يمكن أن ترتبط الأفكار والعواطف بالنَّفَس والصدر.

وفي بلاد اليونان التي ذُكرت في ملحمة **الإلياذة والأوديسة** قبل الفترة الكلاسيكية، كان يُنظر إلى الفكرة والعاطفة كنوع من طاقة النَّفَس وتُعرف بكلمة ثايموس Thymos، وكانت تُخَزَّن في الرئتين والصدر Phrenes، ثم تُنْفَثُ خارجاً على شكل كلام أَو غضب أَو حزن. وقد تخيل الإغريق، كما يبدو، ثايموس Thymos أنه كان بخاراً ساخناً يأتي من الجسم أَو الدم، وهي فكرة أَوحاها البخار في النَّفَس الذي يشاهد في يوم بارد، أَو البخار الذي يخرج من دم متدفق. وهكذا أصبح لدينا الآن تصوراً عن الشبح والروح أنهما كبخار ملحوظ جزئياً، كما هو الحال في الروح التي تخرج من جسم رجل ينازع وهو يلفظ نفسه الأخير. ويعني جذر الكلمة الحديثة «إلهام» شهيق أولاً ثم فكر أَو شعور سماوي أَو خارق. وقد يُنسب هذا الأسلوب إلى هومر Homer حيث كانت الفكرة والشعور والشجاعة والقوة والغضب والأحلام النادرة تُستَمدُ من قوة عظمى تنفثها في البشر، مثل ثايموس «Thymos» الذين يُخَزَّنُ في الصدر أَو الرئتين قبل أن يَزْفُرها الناس على شكل كلام أَو شعور أَو عمل إرادي أَو فكرة.

لقد كان النَّفَس أمراً مهماً لفهم الحياة بطريقة مختلفة. و(عادة) ما يكون خفياً، ومع ذلك، عندما نَنْفُخ بشدة فقد يحرك نَفَسُنا بعضَ الأشياء كما أننا نستطيع أن نشعر به على أيدينا. فهو، في هذه الحالة، كالريح الذي يُعْتَبَرُ نَفَسَ وإرادة الآلهة. وهكذا، كان النَّفَس مصدراً قوياً للحركة خارج الجسم، كما أنه يمكن أن يعمل كمصدر خفي للحركة داخل الجسم، وذلك لتحريك الأعضاء والوظائف الحيوية.

وفي الصين كانت تعرف طاقة النَّفَس بكلمة تشي (Chi، تلفظ كما في كلمة cheese الإنكليزية)، وكانت تشي عنصراً مكوناً للكون. وحسب ما قاله هوانغي نيجنغ Huangdi Neijing «إن التي كانت في البداية في السماء هي تشي، ثم تصبح على الأرض مشاهدة كشكل، ثم تتفاعل تشي Chi مع الشكل فيلدان آلافاً من الأشياء» وهنالك أنواع مختلفة كثيرة من تشي Chi، فمنها ما هو دنيوي ومادي، ومنها ما هو سماوي وغير مادي، أما أثرها فيمكن أن يشاهد في نمو نبتة أَو قوة فكرة أَو طاقة تَبْعَثُ النشاط في أي عملية. وتنشأ الحياة من تراكم تشي Chi وينشأ الموت من تبددها. وتعني كلمة تشي Chi الهواء كذلك. ولكن كان يُنظر إِلى الهواء أنه فضاء فارغ غير مادي. وهكذا فإن تشي Chi ليست عنصراً مادياً بل عملية أَو قوة أَو طاقة. وتُعرف داخل الجسم باسم تشي الخفية. وقد اشْتُقَّتْ من الهواء والتَّنَفُس ومن الطعام والماء وذلك بواسطة تناول الطعام. يقول هوانغي نيجنغ Huangdi Neijing: إن تشي Chi الحقيقية ما هي إِلاَّ اتحاد ما ينزل من السماء ومن تشي الماء والطعام. كما أنها تتخلل الجسم كله.

تنتشر تشي Chi في الجسم كله عبر طرق رئيسية أَو خطوط على طول الجسم. وتُرسمُ هذه الخطوط بتفصيل على سطح الجسم بحيث يستطيع الوخز بالإبر أن يضبط تدفق الطاقة، علماً أن هذه الخطوط غير مشابهة لأي تركيب تشريحي في الجسم. ومهما يكن من أمر، إن كل خط مرتبط بعضو محدد أَو وظيفة. أما تدفق تشي Chi على طول الخطوط فقد حَقَّقَ تلك الوظيفة عَمَلُ تشي Chi التحويلي. وكما قال الصينيون: «الخطوط هي عمل تشي التحويلي في الأعضاء الجوفاء وغير الجوفاء». يجيانغ جينفي Yijiang jingyi.

وكان يوجد عدة أنواع مختلفة من تشي Chi مرتبطة بأعضاء مختلفة ووظائفها: «وهكذا يستطيع المرء أن يَشم فقط إذا نفذت تشي Chi الرئة إلى الأنف، ويستطيع المرء أن يميز الألوان الخمسة فقط إذا نفذت تشي الكبد إلى العينين، ويستطيع المرء أن يتذوق فقط إذا نفذت تشي القلب إلى اللسان، ويستطيع المرء أن يعرف أنه يحب أَو يمج الطعام فقط إذا نفذت تشي Chi الطحال إلى الفم» (زونجيكسيو غاليوم) Zhongyixue gailum.

لقد اعتقد الصينيون أن تشي Chi تجري على طول تلك الخطوط كما يجري الماء على طول سير النهر. وكانت هذه الخطوط وفروعها تروي الجسم كله كما يروي النهر وقنواته حقول الوادي. وإذا ظهر مرض في الجسم فإنه يؤثر على أنهر الحياة، ولذلك إما أن لا يجري الماء إطلاقاً (نقص تشي) أَو أن النهر انسد عند نقطة محددة، فزاد الماء وفاض فوق الانسداد (انتفاخ أَو احتقان تشي Chi) ونقص الماء

تحت الانسداد (ضمور، نقص تشي Chi) وكان يُعتقد أن إبرة الوخز تزيل الانسداد، إما مباشرة أو بزيادة قوة التيار. ومن أجل أن يعيش المرء حياة مديدة مليئة بالحيوية، كان يُشجع أن يُغذي تشي الخاصة به. وقد تحقق ذلك بالاعتدال في كل الأمور وتجنّب الزيادة أو النقص في المأكل والمشرب أَو التمارين أَو الجنس. إضافة إِلى تجنّب مصادر تشي Chi الخارجية والضارة، كالبرد أَو الرطوبة أَو الخوف أَو حتى الجنس مع الظلال.

أما مفهوم طاقة النَّفَس ـ Prana ـ في الهند، فقد سبق مفاهيم أوروبا والصين بل أثَّر عليها. يقول الهندوس إنه يوجد، بالإضافة إِلى الجسم المادي الملموس، جسم نجمي، يَشغل الحيز نفسه ويرتبط بالجسم المادي بخيط يُقطع عند الموت. وتجري الطاقة الحيوية، برانا Prana في الجسم النجمي عبر آلاف من القنوات ـ ناديس Nadis ـ لتربط سبعة مراكز للطاقة أَو دواليب للضوء، تُعرف باسم تشاكراس Chakras. أما الحياة والوعي فيضبطان بِتَنْظيم سريان برانا Prana باستخدام براناياما Pranayama (تمارين تَنفُّس)، وأساناس Asanas (وضعية اليوغا)، والتأمل. وفي الأمور العادية، تنقل معظم البرانا بواسطة قنوات تسمى أيدا وبنغالي Ida and Pingali nadis، التي تمر على التوالي خلال المنخر الأيسر والأيمن، كما تحمل على التوالي طاقة القمر المنعشة وطاقة الشمس الدافئة. ويدَّعي أتباع اليوغا أنهم يضبطون مستوى وعيهم وذلك بتنظيم دقيق لنفسهم، وبالتالي، سريان برانا Prana وذلك بتغيير العمق والإيقاع والمنخرين

المستخدمين للتَّنَفس. ويستخدم أتباع نوع من اليوغا Kundalini Yoga أساليب النَّفَس والتأمل بتحريض طاقة الأنثى الخلاّقة Kundalini الكامنة في الجميع رجالاً ونساءً. وتصور هذه الطاقة على شكل أفعى نائمة ملتفة حول العجز Chakra عند قاعدة النخاع الشوكي. ويحاول الواحد من أتباع اليوغا أن يشكِّل حرارة داخلية توقظ قدرة الأفعى النائمة، دافعة إياها في القناة nadi المركزية وعلى طول النخاع الشوكي مخترقة كل عَجز chakra في طريقها وممتصة طاقته، ومتحدة في النهاية مع الطاقة المذكرة لشاكرا chakra التاجية الواقعة عند قمة الرأس. وقد تعاني طاقة الأنثى الخلاَّقة Kundalini كما لو أن صاعقة من شحنة كهربائية تمر في النخاع الشوكي، لتؤدي، إذا نجحت، إِلى مستوى عال من الوعي وعندها تطرد كل الأوهام.

لقد رُبط القلب وخفقانه مع الروح أَو الشبح في معظم الثقافات الأولى، وليس من الصعب أن نعرف السبب. فالقلب يخفق بانتظام وباستمرار في مركز الجسم منذ الولادة وحتى الموت. ويتسارع خلال العواطف القوية والإجهاد، ويتباطأ مع تقدم السن وأثناء الراحة. أما توقفه فكلمة مرادفة لكلمة موت. إن القلب هو العضو الداخلي الوحيد الذي يتحرَّك على نحو غير إرادي، كما أنّه يمكن نزعه وهو يخفق. إنه مرتبط مع النبض وحركة الدم. وفي مصر كان القلب مالِكَ قوة الحياة ومصدر الخير والشر. وحسب ما جاء في «كتاب الأموات» كان يُوزن قلب كل إِنسان على ميزان مقابل ريشة بعد الموت لتحديد التوازن بين الخير والشر، وهكذا كانت نهاية

الروح. وفي الكثير من لغات الهند والصين، تترادف تقريباً الكلمات التي تَعني القلب والفكر. وفي المكسيك القديمة، نَزَعَ شعبا تولتكس Toltecs وأزتكس Aztecs القلبَ وهو يخفق من صدر قرابينهم البشرية ليقدم إلى إلّه الشمس. واعتقدت معظم الثقافات الأولى أن القلب (أَو الصدر أَو الرئتين) مركز الوعي والعواطف. ومن المشوق أن نعلم أن الروح Psyche التي نجت من الموت وأنتجت حياة جديدة كان لها مركز آخر، وعادة في الدماغ. ومهما يكن من أمر، لم يكن للكثير من الثقافات الأولى مفهوم ثنائي راسخ على هذا النحو فيما يتعلّق بفصل العقل عن الجسد. وإذاً، ليس من الملائم دائماً أن نتحدَّث عن العقل والجسد على نحو منفصل، أَو نضع العقل في عضو معين للجسم.

الإلنغوت The Ilongot في الفلبين، مجتمع اعتاد أفراده أن يَحِزوا رؤوس أعدائهم، وقليلاً ما يتصلون بالعالم الحديث، يستعملون كلمة لايغيت Liget، وتعني شيئاً كالطاقة والغضب. وتنشأ هذه القوة في القلب لأنهم يعتقدون أن «حركات القلب هي العواطف»، وهي فكرة لم تُنزع منذ فترة طويلة من النظريات النفسية الحديثة عن العواطف. وعلى كل حال استعمل مجتمع الإلنغوت The Ilongot كلمة لايغيت liget بأساليبِ شتى يمكن أن نعتبرها مجازية. فمثلاً، يُقدم الفلفل لايغيت إِلى الطعام، ويَمنح الزنجبيل لايغيت حياة جديدة في قاتل، وتشتد الرياح عندما يعترض سبيلها عائق. وتظهر لايغيت liget في الناس كذلك عندما يلهثون ويتعرّقون، منسابة داخلياً ومولّدة إحمراراً

في النفس. إنها عنف ديناميكي وعضوي وفوضوي. وهي مادة الحياة كذلك.

لم تميز الثقافات القديمة بين الاستعمال الحَرْفي (أَو الملموس) والاستعمال المجازي (أَو المجرد) لمفهوم ما. فالمفهوم المجازي ابتدعه أرسطو Aristotle في القرن الرابع قبل الميلاد. ولذلك استخدم الإغريق القدماء كلمة مثل سايكي psyche لتشير إِلى كل من المادة في الجسم وسلوك الروح. ونحن أميل إِلى القول إن الثقافات القديمة والإغريق القدماء كانوا حَرْفِيين ذهنياً والفكرة كانت أقل تجريداً. ومع ذلك يفشل معظم البحث الحديث في التمييز بين الاستعمال الحَرْفي والمجازي للكلمات. فكلمة «الطاقة» تُستعمل على نطاق واسع لتصف كل شيء بدءاً من الشحنة التي تزودنا بها الأسلاك الكهربائية إِلى قوة أداء عمل فني. ويشير مظهر من مظاهر هذه الذهنية الحَرْفِيَّة إِلى ميلهم في تفسير الخصائص لشيء ما. وحسب ميلهم هذا، تعود هذه الخواص إِلى مادة متميزة في الشيء (ولكنه ميل غير ملائم لأنه «يعتبر الشيء المجرد شيئاً مادياً»). فمثلاً، الدكتور بانغلوس Pangloss في مسرحية كانديد Candide، فَسَّر النوم ونسبه إِلى مصدر مسكن في الجسم أَو العقل. وعلى نحو مشابه، العيش الذي هو حالة أَو وجود، فُسّر بلغة مادية: الحياة أَو قوة الحياة. أما القيام بعمل شيء على نحو مركز أَو انفعالي فقد فُسِّر ونُسب إِلى حيازة «الطاقة» وهي المادة الباعثة للنشاط والتي تحوم حول الجسم أَو العقل. وفي بعض الحالات، إذا اعتبرنا مثلاً خاصيةً أَو سلوكاً شيئاً، فقد يكون الأمر

مفيداً، ولكن تقدماً علمياً أَو فكرياً قد تحقّق وذلك بتفسير الأشياء بلغة العمليات. وهكذا لم يعد معظم العلماء يعتبرون الحياة والطاقة أموراً يجب أن تُفَسَّر بمواد منفصلة، وإنما هي ترتيبات محددة أَو عمليات للمادة. وعلى كل حال، في الثقافة الشعبية المبسّطة، مَزَجَتْ الحياة والطاقة المعاني الحَرْفِية والمجازية، الأمر الذي يعكس قليلاً المعاني التي ذُكرت في الأزمنة الغابرة.

في الثقافات الأولى، رُبط خفقان القلب بحركة الدم في الجسم، وربطت حركة الدم بالنبض، وبتدفق الدم المنتظم من شرايين انقطعت أَو مُزِّقت. كما استخدم النبض من أجل تشخيص الصحة والمرض، والقوة والموت، وذلك للعلاج في بلاد اليونان القديمة والهند والصين. فلون الدم غير الطبيعي، وتدفقه المفاجىء من الجروح، وقدرته على التخثر خارج الجسم في مرة من المرات، ومعرفة أن فقدانه يؤدي للموت. . . كل هذه الأمور ساهمت في ربط الدم بالحياة بصورة جوهرية. وفي بعض الثقافات، في الواقع، يُعتبر الدم مادة الحياة. فقد اكتُشِفت عدة مدافن تعود للعصر الحجري، حيث كسيت العظام بأكسيد الحديد الأحمر، ربما للإشارة للدم، وهذا يمكن أن يوحي أن العلاقة بين الدم والحياة (أَو الموت) كانت منذ زمن غابر حقاً. أما شرب الدم بصورة فعلية أَو رمزية (كما هو الحال في القربان المقدس المسيحي) فكان وسيلة لنقل روح/ أَو طاقة إِنسان أَو حيوان للشارب.

لقد حصل رجلنا ساكن الكهوف على بعض النظريات الآن،

ولكن يبدو أن هذا لا يفيد امرأته، ساكنة الكهوف، لقد أصبحت باردة. ولذلك على ساكن الكهوف هذا أن يضيف فقرة أُخرى إِلى قائمة الفروقات بين الحي والميت: حرارة الجسم. إن درجة حرارة الثدييات والطيور، في الأحوال العادية أعلى من البيئة المحيطة بها، وتنخفض لتصل لدرجة حرارة بيئتها عند الموت. فإذا انخفضت درجة حرارة الجسم بأكثر من عدة درجات، إذا وقعنا مثلاً في ماء بدرجة الصقيع، فإننا نموت في الحال. وإذاً للحرارة علاقة هامة بالحياة. وقبل العصر الصناعي، كانت الحيوانات والنار والشمس المصادر المهمّة الوحيدة. وقد اعتقد أرسطو، مثلاً، أن قوة الحياة، إِلى حد ما، نوع من النار داخل الجسم. والعلاقة بين الحرارة (والحياة) وقوة الحياة قد يُفَسِّر جيداً الاعتقاد الذي ساد في الماضي أن الشمس مصدر الحياة، ويفسر كذلك استخدام النار في الطقوس الدينية. وفي الواقع، هنالك وجوه شَبَهٍ أخرى بين الحياة والنار: فكلاهما يتشكّلان بحرق مادة عضوية (وقود/ طعام) مع الهواء (الذي نحصل عليه من المنفاخ أَو التنفس)، وهذا يولد حرارة وحركة ونفايات متخلفة (رماد/ غائط). وقد كان هذا التشابه هاماً في بلاد الإغريق القديمة ثم أصبح أكثر أهمية في العصور الحديثة، لأنها كانت المفهوم الرئيسي في تطور الفكرة العلمية عن طاقة الجسم، علماً أن النظرية لم تستخدم على نحو مثمر ومفيد حتى تطورت المفاهيم الكيميائية عن الاحتراق على يدي العالم لافوازييه في القرن الثامن عشر.

ولنعد إِلى رجلنا ساكن الكهوف. لقد وضحت الأمور الآن.

فجسم المرأة ساكنة الكهوف بدأ يَبلى. اللحم يتفسخ أولاً، ويبقى الهيكل العظمي، ثم تتحلّل العظام وتتحول إلى تراب. وبالرغم من أن العملية بطيئة، إلاَّ أن أثرها مثير: فنحن نبدأ بجسم إنساني رفيع المستوى، وننتهي بكومة من تراب تندمج في الأرض. ومن الواضح أن الأمل ضعيف في إبطال هذه العملية، كما أنه ليس هنالك مكان للروح لتختبئ فيه بعد ذلك. ومن الواضح أنّها كارثة كبيرة للحالة البشرية. وقد بَذَلت ثقافات كثيرة جهوداً ضخمة محاولة أن تمنع هذه المشكلة أَو تهرب منها. فقد كان المصريون القدماء الأكثر حماسة في هذا المجال. فاستخدموا التحنيط، والأهرامات، والأضرحة، والأشياء المقدسة، والمعابد، والكهانة الشاملة، والآثار الأدبية، والأساطير ليخلقوا عالماً موازياً كاملاً بعد الموت. ودفن المصريون الجثث في بداية الأمر في تربة جافة حتى يمكن أن تبقى لألف سنة، ولكنها كانت تذبل وتجف. أما استعمال التابوت الحجري فيما بعد، فقد أدَّى إلى اختفاء اللحم، وزعموا أن الحجر أكله. وهذا هو أصل الكلمة الإغريقية sarcophagus (التي تَعني آكل اللحم). وربما تعني فكرة من قبل التاريخ تقول إن أجسام وأرواح الموتى يمكن أن تدخل إلى الحجر وتُحفظ فيه. أما الجثث، في واقع الأمر، فقد أكلتها عضويات مجهرية دقيقة جداً لا تُرى. وطور المصريون التحنيط لمنع هذه العملية، علماً أنّه لم يكن لديهم أي معرفة عن وجود الجراثيم. ولم يكن ملاذ المصريين الأخير والثقافات الأخرى إلاَّ للتهرب من المشكلة، وذلك باستحسان وتأييد الفكرة التي تقول إن الفكر أَو

الروح يمكن أن تنفصل عن الجسم عند الموت، ومن ثم تعيش مستقلة (في السماء أَو في عالم آخر)، أَو في أشياء أُخرى (في تمثال مثلاً)، أَو في جسم آخر (تقمص أَو تناسخ).

يتفسخ اللحم ويبقى العظم. واعتقدت بعض الثقافات أن العظام كانت تمثِّل المركز الرئيسي للإِنسان، وكان اللحم يمثل الثياب التي يمكن طرحها. أما العظام فكانت تحتوي على سائل حيوي يمكن أن يماثل النقي الآن الذي يكسوه العظم، والحبل الشوكي يكسوه العمود الفقري، والدماغ تكسوه الجمجمة، وسائل النخاع الشوكي يتخلل الفجوات الموجودة في الدماغ والعمود الفقري. وكل هذه العظام تحيط بمادة هلامية بيضاء أَو شبه رمادية أَو سائل، فكأن العظام تحمي المادة الهلامية أَو السائل. وقد اعتقد الإغريق القدماء أنه أصل المَني، وهو سائل هلامي قليل البياض. وهكذا اعتقدوا أن المني مشتق من هذا الهلام الحيوي، وهو نوع من القوة الخلاَّقة، ويُشكِّل الدماغ والحبل الشوكي ونَقي العظام. كما اعتقد الرومان أن تعب الرجل بعد هزة الجماع والقذف يعود إِلى تفريغ وتصريف القوة الخلاَّقة من كل مكان من الجسم. أما الأسطورة التي تقول أن العادة السرية تسبِّب العمى، فربما نشأت من هذا المفهوم القديم أن السائل المنوي ينشأ، إِلى حد ما، من الدماغ. وفي الأساطير الإغريقية، تولد الآلهة مباشرة من رأس زيوس Zeus Athena أَو من عظم الفخذ Dionysus، لأنهم اعتقدوا أن القوة الخلاقة تتوضع هنا. أما الاعتقاد بأن العظام كانت المركز الرئيسي للكائن البشري، وأنها محاطة بقوى الفرد

المنجبة، فقد أدَّى إِلى المحافظة على عظام الأسلاف في عدة ثقافات.

يبدو تفسخ الجسم بعد الموت كأنه القسم المتمم لنموه في الحياة. يعتمد نمو الجسم على الطعام، ومن الواضح تماماً أنه عندما يتوقف الإِنسان عن تناوله، فإنه يتوقف عن النمو، ويتقلّص ثم يموت. ومن الواضح للغاية أنّه كان يوجد شيء في الطعام أَو في تناوله مرتبط بالحياة، وأن هذا الرباط كان قوياً لأن الطعام يتألف من حيوانات أَو نباتات ميتة حديثاً. ولذلك يُعتقد أن الطعام يحتوي على روح أَو غذاء للروح. وفي معظم الثقافات الأولى، كان هنالك طقوس دينية تشتمل على قرابين بشرية أَو حيوانية، إضافة إِلى تناول اللحوم. وغالباً ما كان يُقَدَّسُ الطعام أَو يحول على نحو يمكن لروح أَو قوى خارقة أن تدخل به ويمتصه جسم آكل الطعام. لقد نشأ القداس المسيحي، على نحو ما، من طقوس أرفيوس Orpheus وباخوس الإغريقيين، حيث يحول الطعام بطريقة سحرية إِلى جسم وروح قوى خارقة ثم يدخل إِلى جسم وروح الشخص الذي يأكل. وهنالك مثال على ذلك مذكور في قصة باخوس ليوربيديس، حيث نجد سيدات الطبقة العليا والسمعة الحسنة في أثينا يحقِّقون حالة من النشوة، وذلك بصيدهم حيواناً برياً يمثِّل ديونيسيوس، فيقطون أوصاله ويلتهمون لحمه النيء. وقد كان ذلك وسيلة للحصول على «الحماسة» التي تعني في اللغة الإغريقية دخول قوى خارقة إِلى داخل الشخص. وإذاً، الحماسة هي نوع من الطاقة الفكرية، أما تلك الطقوس فكانت وسيلة للحصول عليها.

جاءت الفكرة التي ذكرت أن الطعام كان يندمج داخل الجسم ـ وذلك عندما كان يؤكل، وأن مادة الطعام أصبحت مادة الجسم ـ جاءت قبل العصر الكلاسيكي لبلاد الإغريق. أما كيف أمكن أن يحدث هذا التحويل فهذا لم يُفَصَّل إِلى أن ابتدع الإغريق عدة أفكار. وواحدة من هذه الأفكار كانت أن الطعام تحلَّل وتحوّل إِلى دم ثم تجلّط (كما هو الحال في تجلّط الدم) بأساليب عدة لتشكيل أعضاء الجسم. وإذا كان هذا يفسِّر نمو الأطفال، فإنه لم يفسِّر في الواقع، الحقيقة التي تقول إنه بالرغم من أن الراشدين لا يكبرون، فإنّهم يحتاجون كميات كبيرة من الطعام. وفيما بعد، طوّر الكاميون Alcamaeon في القرن السادس قبل الميلاد فكرة «البقاء الديناميكي» التي قالت إن تركيب الجسم كان يتحلّل باستمرار ويُستبدل بتراكيب ومواد جديدة اشتقت من الطعام، الأمر الذي يفسّر الحقيقة أن الجسم كان يتفسخ ببطء بعد الموت، حيث يتعذر تناول الطعام. أما المفهوم الذي يقول إن الأشياء المادية تتألَّف من مكونات صغيرة، وإنه يمكن إعادة ترتيبها لتعطي كل الأشكال أَو التراكيب المختلفة للأشياء (كالطعام أَو الجسم) فكان مفهوماً هاماً ومثمراً إِلى أبعد الحدود. وقد تطور هذا المفهوم بصورة بارزة على أيدي الفلاسفة الإغريق، أمثال أفلاطون Plato وديموكريتَس Democritus، اللذين كانا وراء الكثير من التفكّر فيما يتعلّق بالمكونات البسيطة وماذا يمكن أن تكون، كالماء مثلاً والنار والهواء أَو التربة أَو الذرات ذات الأشكال المختلفة.

وخلال أوقات المرض والجوع، يتقلّص دهن الجسم، بينما

يتمدّد خلال فترات الصحّة ووفرة الغذاء. وكان الدهن، حتى وقت قريب نسبياً، يُربط بالصحة والثروة، ولا يزال هنود الأنديز يربطون الدهن بالروح، فعندما «يتلاشى» إنسان بسبب مرض مزمن أَو جوع، فإن روحه تتلاشى كذلك، وغالباً ما يُعتقد أنها سحقت من قبل ساحر. أما الدهن والدم والهواء فهي سوائل الجسم حسب تقاليد فلسفة شعب الأنديز، وما هو إلاَّ منشأ الطاقة ويوزع من القلب عبر مجموعة من القنوات والأَنهار، وهو أمر يعكس صورة علم السوائل المتحرّكة عند شعوب الأنديز. وعلم الوظائف هذا كما تخيلوه مبني حقاً، بطريقة ما، على تشبيه الجسم بالجبال والأنهار، فالرأس يشبه رؤوس الجبال التي اختفت في الغيوم، بينما السيقان تشبه وديان الأنهار. أما الأمراض المرتبطة بأجزاء محددة من الجسم، فيمكن أن تُعالج بقرابين من نبات الكوكا، أَو الدم أَو الدهن في مزار طيني يقع في أجزاء ملائمة من الجبال. أما الشخص البدين في العالم الغربي الحديث، حيث الطعام وفير والأمراض الفتاكة نادرة، فإنه يوحي أنه غير سليم وفقير. وقبل بضع مئات من السنين، كان، بلا ريب، شكل الشخص الممتلىء الجسم مُحَبَّذاً، وشكل الشخص النحيل، المفضل في الوقت الحاضر، رهيباً ومثيراً للشفقة.

إن رجلنا ساكن الكهوف مشدوه الآن. لقد شاهد قرينته وهي تموت. فقد توقفت عن الحركة أولاً، ثم توقفت عن التنفس، وتوقف قلبها ونبضها وهجرت الحرارةُ جسمَها، الذي بدأ يتفسخ، تاركاً العظام، والتي بدورها تحولت إِلى تراب. فبعد أن شاهد هذه

العملية، بدأ يشكّل أفكاراً جديدة عن الحياة، ولكنها في الواقع، عديمة الفائدة كلياً في تعاملها مع الموت. بعد انقضاء آلاف السنين، لا تزال في الحالة نفسها: وهي بالرغم من أننا أصبحنا نعرف أكثر عن الموت، فإننا لا نزال غير قادرين على إلغائه أَو إبطاله. وعلى كل حال، لنعد إِلى رجلنا ساكن الكهف، إنه الآن في حالة تأمّل. إن الكثير من الاختلافات بين الحي والميت منظورة وواضحة، ولكن قد يكون الاختلاف الأهم ليس منظوراً أَو واضحاً: فماذا يحدث لعقلنا؟ ماذا يحدث لإدراكنا وأفكارنا وشعورنا وإرادتنا عند الموت؟ فالأفكار والشعور والإدراك أمور غير منظورة في الناس، حتى لو فتحنا أجسامهم، كما أنه ليس هنالك آلة واضحة من أجل صنع الأفكار داخل جسمنا. لم يتمكن ساكن الكهف أن يرى أفكارَ قرينته وشعورها عندما كانت حية، إذاً، من الممكن الآن وهي ميتة أنّها لا تزال قادرة على صنعها، علماً أنّها غير منظورة. ربما يدخل العقل أَو الروح إِلى الجسم عند الميلاد ويغادره عند الموت. وإذاً فعقل قرينة ساكن الكهف قد لا يزال حياً، مع أن جسمها مات وَفَنِيَ. قد لا تعطي هذه الفكرة ساكن الكهف الكثير من الارتياح السريع، ولكنها توحي أنّه عندما يموت ساكن الكهف، فإن عقله قد يبقى حياً بشكل أَو بآخر، وقد تمكنه الفكرة من الاجتماع بقرينته مرة أُخرى.

هنالك ثقافات مختلفة لها أفكار مختلفة تماماً عمّا إذا كان ينفصل العقل عن الجسم عند الموت وكيف يمكن أن ينفصل. ولكن المصريين القدماء والهنود والإغريق اعتقدوا أن العقل يمكن أن يبقى

حياً بالرغم من الموت. ولهذا المعتقد أثر واضح على الطريقة التي نرى فيها العلاقات بين العقل والجسم والمادة عموماً. فإذا استطاع العقل أن ينفصل عن الجسم عند الموت ويبقى حياً كوجود أَو كيان غير مرئي ولكن مؤثر، فإننا نستطيع أن نستنتج أن الحياة تتألّف من كيانين: عقل (أَو روح) مؤثّر وغير منظور ويشغل جسماً مادياً مُؤَثَّراً فيه. هذه الثنائية في التمييز بين العقل المؤثّر (أَو الروح) والمادة المؤثَّر فيها يؤذن بالتمييز بين الطاقة والمادة، الذي حل محل التمييز الأول: المفهوم الحديث عن الطاقة له أسلافه بين الأرواح.

كانت التفاسير الأولى للشؤون الدنيوية تَنْسِبُ النوايا والرغبات إِلى الأشياء. وكانت تعلِّل الأشياء بلغة رغبات الأرواح القوى الخارقة. هذا النوع من التفسير «المعروف باسم غائي» أَو «مقصود أَو متعمد» يعكس ذلك الذي تستعمله في تعليل سلوك الناس. وهكذا، لو أن شخصاً ضربني على رأسي بمضرب البيسبول، فقد أعلِّل هذا السلوك بنسبته إِلى غضب المعتدي أَو نيته في السطو على ما أملك. وعلى نحو مشابه، لو أن حجراً وقع على رأس ساكن الكهف، فربما فَسَّرَ ذلك كغضب أَو نوايا شبح أَو روح أَو حتى غضب أَو نوايا الحجر نفسه. ونبحث في هذه الأيام عن تفسير «ميكانيكي» كحادث كهذا (لقد سقط الحجر من بناء، مثلاً) مفضلين ذلك على نسبته إِلى نوايا الحجر الشريرة أَو الحدث ذاته. في العالم القديم، يمكن أن يكون هنالك بعض «الحوادث» الحقيقية، لأن الأحداث كان يُعتقد أنّها من فعل شخص ما أَو شيء ما أَو إرادةٍ ما. وهكذا كان لكل شيء تقريباً

معنى، وعلى عكس ذلك تماماً، في هذه الأيام، الأحداث الطبيعية الفيزيائية (كتصادم الذرات أَو انفجار الكون) يُعتقد حقاً أن لا معنى لها وأنها عرضية، إلاَّ إذا تدخلت نوايا بشرية. وحتى إذا كان هنالك بَشَرٌ مشاركون في الحدث، فإن العلماء غالباً ما يفضلون التعليل الميكانيكي. فالعالِم، مثلاً، يمكن أن يُرجع تلك الضربة على الرأس بمضرب لعبة البيسبول إلى آثار تربية المعتدي على الكيمياء الأحيائية الدماغية، مفضلاً ذلك على النية المتعمَّدة لكي يسطو على ما أملك.

إن العلم الحديث مبني على التعليل الميكانيكي أكثر من التعليل المبني على النوايا، ويميز تماماً بين المادة السلبية والعقل غير المنظور. وقد أدَّى تقدّم العلم إلى تراجع النوايا (أَو العقل) تدريجياً من الشؤون الدنيوية: في البداية تراجع من المادة غير الحية، ثم تراجع من الجسم إلى العقل، وحديثاً، جرت محاولات من قبل الفلاسفة وعلماء الأمراض العصبية لإبعاد ذلك من الدماغ ذاته. ومع ذلك، نحن كأفراد، نفضل التفسير القائم على النوايا أَو التفسير البشري. إننا نفضل مثلاً أن نعتقد أن الناس والحيوانات يفعلون ما يفعلون لأنهم يريدون أن يفعلوا ذلك، وليس لأن أدمغتهم تجعلهم يفعلون تلك الأمور. إننا نحب أن نرى معنى للشؤون الدنيوية والكونية، وليس مجرد حوادث بلا معنى. أما لماذا يبتعد العلم عن التفسير البشري فلأنه يرفض التفسير القائم على النوايا. كما أن جاذبية الدين والآثار الأدبية تجعل الناس يستخدمون بسخاء التفسير البشري والتفسير القائم على النوايا. وهذا ما يرفضه العلم. وقد تلاحظ وأنت

تقرأ هذا الكتاب أن الأجزاء التي تصف سلوك الجزيء والذرات بلغة ما تنوي هذه الجزيئات أَو الذرات أَو تريد أَو تحتاج يمكن أن تُفهم أكثر من الأجزاء العلمية الدقيقة التي صيغت بلغة ميكانيكية باردة. علاوة على ذلك، قد يكون هنالك تفسير ميكانيكي جيد للسبب الذي من أجله نفضل تفسير النوايا المنتشرة بإحكام في أدمغتنا. وتشير الأبحاث النفسية الحديثة أننا نطوّر المهارة المكتسبة لكي ننسب النوايا إِلى الآخرين وهم في سن الثالثة. أما الأطفال الذين لا يتمكّنون من تطوير هذه المهارة (ربما بسبب عيوب دماغية) فإنّهم غالباً ما يُصابون بالتخيل هرباً من الواقع أَو أنهم يصبحون غير قادرين أن يتفاعلوا عملياً. وهكذا فإننا نفضل تفسير النوايا فيما يتعلّق بالناس والشؤون الدنيوية لأن دماغنا يعمل على هذا النحو، ومن المحتمل كذلك، لأن تفسيراً كهذا كان ناجحاً في تعزيز الحياة خلال فترة النشوء. وعلى كل حال، وخلال نشوء العلم، وُجد أن تفسير النوايا لم ينجح نسبياً في التنبؤ عن سلوك الشؤون الدنيوية بالمقارنة مع التفسير الميكانيكي.

إن الصلة الوثيقة بين النية والطاقة تقوم على أساس أن مفهوم الطاقة تَطَوَّر على نحو ما ليحل محل تفسير النوايا. لقد حَلَّت الطاقة محل القوى الخارقة والأرواح والقوى غير الحية كمصدر لكل الحركة والتغيير في الكون. إِلاَّ أن النظريات والمفاهيم الرئيسية (كالعقل أَو الطاقة) ليست مجرد رقعة من الورق تُثَبَّت على الشؤون الدنيوية دون أن تشوّهها، إنّها في الواقع كالنظارة الملونة التي من خلالها نستطيع أن نرى ونفسِّر العالم. فإذا كنا قصيري النظر، فمن المستحيل على

الإطلاق أن نرى العالم بدون نظارة (أَو نظرية). وقد تُقْفَل النظارة أَو تُختم على أدمغتنا (كما حدث لدوروثي ورفاقها في كتاب The Wizard of O2)، وهكذا فمن المستحيل تقريباً أن نرى بدونها. إن مفهوم الطاقة فكرة أساسية من خلالها نرى العالم الآن. ولقد رأينا كيف أن مفهوم الطاقة له أصل راسخ كذلك في أفكارٍ عن الحياة، ألا وهي الحركة والعقل. وفي الفصل التالي سنتابع تطور هذه الأفكار في تصورنا الحديث للطاقة.

الفصل 2

قصة الطاقة الحيَّة

نشأ المفهوم الحديث عن الطاقة في القرن التاسع عشر، كنتيجة للثورة الصناعية، إِلاَّ أن جذور هذا المفهوم تعود إِلى بلاد الإغريق القديمة، فظهر بين العناصر والأخلاط الأربعة وروح العالَم الكلاسيكي. وسوف نتابع نشوء هذه الأفكار عن الطاقة والحياة حتى نصل للعصر الحديث، لأن الأمر الصعب إِلى أبعد الحدود هو أن ندرك المفهوم الحالي «للطاقة الحية» دون معرفة من أين جاءت هذه الأفكار.

العناصر والأخلاط الأربعة وروح العالَم الكلاسيكي

لقد بدأ العلم في بلاد الإغريق القديمة والكلاسيكية، ونستطيع هنالك أن نبدأ في تعقب الأثر الذي يقودنا إِلى الأفكار الحالية عن الطاقة والحياة. لقد كان الإغريق مفكرين مبدعين على نحو مدهش.

إلاَّ أنه من المستحيل تقريباً أن نميز بوضوح ماذا قالوا عن أي شيء، لأنهم أتوا بأَفكار معظمها متناقض عن الشيء الواحد. (ويشبِّه هذا الأمر وايت كوين White Queen في كتاب Through the Looking Glass، التي كانت تصدق ستة أمور مستحيلة قبل الإفطار، دون أن يفسد ذلك شهيتها للطعام). لقد أخطأ الإغريق، على نحو ملحوظ في أمور كثيرة. وهذا بحد ذاته أمر هام، والسبب أنه لمدة ألفي سنة بعد سقوط أثينا اعتقد المفكرون في العصر الهلِّيني والروماني وفي العصر الإسلامي، والعصر الوسيط وعصر النهضة في أوروبا، أن ما قاله الإغريق كان حقيقةً لا شك فيها. فأَفكار الحكماء الإغريق حول الفلسفة والعلم والطب كانت تُقبل بخشية وتبجيل، كما قُبلت أَفكار الانبياء موسى ويسوع عليهما السلام ومحمد صلى الله عليه وآله وسلم عن الدين والأخلاق. إلاَّ أننا نعلم الآن أن الكثير من «الحقائق» التي أتى بها الإغريق ليست صحيحة. ولكن صياغة أَفكارهم ونوع الأسئلة التي طرحوها والأساليب التي اتبعوها للإجابة عنها كان لها أثر أساسي على تطور المعرفة والأَفكار المعاصرة. ولو لم يكن ذلك العدد القليل نسبياً من المفكرين الإغريق القدماء والكلاسيكيين، لما وُجد الآن العلم والفلسفة والثقافة الغربية التي نعرفها.

كان إمبيدوكليس Empedocles (حوالي 490 ـ 435 ق. م) واحداً من أعظم الأشخاص متعددي البراعات في كل العصور، وكان مِثالاً مرموقاً للتنوّع والإبداع الهائليْن للمفكرين الإغريق القدماء. وُلِد لأسرة أرستقراطية في الدولة ـ المدينة المسماة أكراغاس في سيسيليا Acragas,

Sicily، وشارك بانقلاب ضد حكم القلّة التي كانت تحكم المدينة، كما عُرض عليه التاج ولكنه رفض العرض، وأسَّس ديمقراطية وأصبح نفسه سياسياً. ولكنه في وقت فراغه استطاع أن يصبح واحداً من أعظم الشعراء والعلماء والفلاسفة والأطباء في عصره. ويبدو أن هذا لم يكن كافياً، فبعد طرده وإبعاده عن موطنه أصبح رمزاً ومثالاً. وتقول الأسطورة أنه صنع المعجزات وسَخَّر الرياح وأحيى الموتى ثم قتل نفسه قافزاً في فوهة بركان إتنا Etna ليبرهن على صدقه. وسواء برهنت هذه القفزة على ذلك أم لا، فإن التاريخ لم يقل كلمته حول ذلك. والأثر المادي الواضح لإمبيدوكليس Empedocles كان خُفَّه. أما أفكاره فقد بقيت تتردّد في عالم الفكر لأكثر من ألفي سنة.

ابتكر إمبيدوكليس Empedocles نظرية العناصر الأربعة، التي وُصفت بأنّها أنجح نظرية علمية على الإطلاق فيما يتعلّق بشهرتها وطول بقائها، علماً أنّها لم تكن صحيحة، من غير ريب. قالت النظرية إن كل شيء يتألّف من اتحاد أربعة عناصر فقط. تبدو هذه النظرية كحل ديبلوماسي وسط بين الأَفكار المتناقضة الأولى التي تقول إن العالم يتكون فقط من الماء (ثاليس Thales) أَو من مادة معروفة أَو غير معروفة (أناكزيماندر Anaximander) أَو الهواء (أناكزيمينيس Anaximenes) أَو النار (هيراكليتس Heraclitus). قال إمبيدوكليس Empedocles إنه ليس هنالك مادة أساسية واحدة إطلاقاً، وإنما أربعة عناصر (أَو جذور كما دعاها): التراب، والنار، والهواء، والماء. وهنالك ميزة أن يكون هناك أربعة عناصر وليس عنصر واحد

وهي أن الأمر يتضح للجميع أن العالم يتألَّف من تنوّع لا يصدق من الأشياء، ومن الصعب أن نفسِّر هذا التنوّع إذا كان كل شيء مكوناً من مادة واحدة. لقد كان من الصعب كذلك أن نفسِّر كيف يمكن لكل شيء أن يتحوّل، إذا كانت كل الأشياء مكونة من الشيء نفسه. قال إمبيدوكليس Empedocles إن كل نوع مختلف من الأَشياء في العالم يتكوّن من خصائص العناصر الأربعة، وعلاوة على ذلك، يحدث التحوّل بسبب تبادل العناصر المكونة للشيء. فقال مثلاً، إن العظم مكوّن من النار والماء والتراب بنسبة 2: 1: 1، أما اللحم فمكوّن من كل العناصر بنسب متساوية.

مهما يكن من أمر، لا يمكن أن يُرد التحول إلى العناصر فقط. وإلاَّ لماذا تتعدل الأَشياء إذا كان هنالك فقط مادة جامدة ذات عطالة في العالم؟ لماذا تسقط الصخور؟ لماذا تنفجر البراكين؟ لماذا يشوه الرعد والبرق السماءَ؟ لقد كان التحوّل مشكلة كبرى للإغريق. وهو مرتبط بالطاقة بصورة أساسية، لأن الطاقة يمكن أن تُعتبر كمصدر وسبب خفي للتحوّل. ولكن كيف كان على الإغريق أن يفسّروها دون توسل ومناشدة القوى الخارقة أَو الأرواح أَو العقول؟ كيف للمادة وحدها أن تسبِّب تحولاً؟ كيف يمكن لشيء جديد أن يبرز من لا شيء؟ إضافة للعناصر الأربعة، هنالك، حسب ما قاله إمبيدوكليس Empedocles، قوتان كذلك، دعاهما «حب» و«كراهية». فالكراهية (أَو النزاع) كان يُبعِدُ الأَشياء عن بعضها، بينما يجذبها الحب لبعضها مرة أُخرى، أما إذا توازنت القوتان فلم يكن هنالك تحول، بل كان هنالك تعادل.

والأمر يبدو وكأنّه أحداث في رواية رومانسية، لكن إمبيدوكليس Empedocles تصوّر الحب والكراهية على شكل مشابه قليلاً للتصور الحديث للقوة، أي كجذب ودفع غير ذي حياة للمادة. وهكذا فإن تصور إمبيدوكليس Empedocles عن العالم كشيء مكون من عناصر ثابتة مختلفة، تدفعها وتجذبها القوى، وأن التغيير مرده للصدفة والضرورة، أكثر من التصميم، تصور مشابه على نحو لافت للنظر لفيزياء القرن التاسع عشر. نود أن نقول إن هذا التشابه ليس صدفة، لا ريب، لأن المفهوم العصري مشتق على نحو ما من إمبيدوكليس.

إن رأي إمبيدوكليس Empedocles عن العالم مختلف جذرياً عن الرأي المعاصر وذلك من عدة وجوه: لقد رأى كذلك معنى دينياً في القوتين، الحب والكراهية، فرأى فيهما نزاعاً بين الخير والشر (وكل عنصر من العناصر الأربعة يشبه رمزاً). وتنظيمه للأشياء يختلف عن تنظيمنا، فعناصره تنسجم مع الحالات الأربع للمادة (صلب، وسائل، وغاز، وبلازما) وليس مع العناصر الحالية (كالهيدروجين، والأوكسجين، والنيتروجين، والكربون) والاختلاف ناشئ على نحو ما من الحقيقة أن إمبيدوكليس قد رفض كما يبدو فكرة الفضاء الخالي ـ الخلاء ـ الفضاء الخالي من أي شيء أَو عنصر. وبما أنه يرى أن الهواء مادة فلم يجد أي سبب يدعوه ليقبل فكرة الفضاء الخالي من العناصر. وهكذا فقد رأى العناصر مواداً متجانسة، امتزجت معاً بعد خلطها كما تمتزج الأصبغة مختلفة الألوان.

المفكرون الأوائل (مثل أنكسيمينيس Anaximenes) والمفكّرون

المتأخرون (مثل ديموكريتس Democritus) تبنوا الرأي الحديث القائل إن المادة تتألَّف من عدد كبير من الجسيمات الصغيرة يفصل بينها فضاء فارغ، أما التحوّل من السائل إِلى الغاز فليس بسبب تحوّل العناصر، بل بسبب تباعدها عن بعضها. وهكذا يتكون الجليد من جزيئات الماء التي تماسكت مع بعضها بإحكام، ويتألّف الماء السائل من جزيئات الماء نفسها والتي تجري فوق بعضها، ويتكون البخار أَو الماء المتبخر من جزيئات الماء نفسه وقد تباعدت جداً عن بعضها. أما العالمان الذريان ـ ليوسيبس وديموكريتس (حوالي 460 ـ 370 ق. م) فقد دفعا الفكرة عن العالم إِلى أقصى حدودها المادية، فقد تَبنّيا عالَم إمبيدوكليس وخلَّصاه من عناصره الدينية، ولكنهما أضافا فكرة الخلاء. وهكذا أصبحت فكرتهما أنه ليس هنالك شيء في العالَم ما عدا عدد هائل من الجسيمات الدقيقة (ذرّات) تتحرك في فضاء فارغ. ولكل عنصر من العناصر الأربعة جسيم مختلف الشكل. ويقرّر الشكل خصائص العنصر. فكرة هذه التفاسير عن العالَم كان لها أفضلية على الفكرة التي تقول بعدم وجود خلاء، لأنها تستطيع أن تفسِّر بسهولة كيف يمكن للعناصر أن تختلط ومن ثم تنفصل: أي الجسيمات تمر بين بعضها، بينما يصعب التفسير إذا لم يكن هنالك فضاء فارغ بين العناصر. إمبيدوكليس كذلك وجد صعوبة كبيرة حول لماذا لملايين الأشياء في العالم خصائص مختلفة على نحو مدهش، إذا كان الاختلاف فقط بنسب العناصر الأربعة. لماذا يسبب الاختلاف خصائص جديدة؟ يستطيع ديموكريتس Democritus (والعلم الحديث)

أن يفسِّر هذا ويردّه إلى ترتيب الذرات ضمن الشيء. وتنشأ الخصائص الجديدة من ترتيبات مكانية جديدة، أَو من الوضع النسبي للذرات في الجزيء. وهنالك عدد غير محدود من الطرق لتغيير ذرات العناصر الأربعة، وبالتالي عدد غير محدود من الأشياء أَو الأجسام المختلفة. وهذا هو السر الأساسي للكيمياء والبيولوجيا العصرية: تفسير خصائص الأشياء بلغة البنية المجهرية للعناصر التي تتركب منها. ولسوء حظ علماء الذرة، لم يكن هنالك وسيلة تكنولوجية لدى الإغريق لدراسة البنية المجهرية للأَشياء، وبالتالي اختبار نظرياتهم.

لقد تابعنا هذه الأَفكار عن المادّة لأنها أساس الآراء العصرية عن الطاقة. ولكن إمبيدوكليس Empedocles كان أكثر من فيزيائي مبدع (فيزياء تعني طبيعة باللغة الإغريقية)، فلقد كان عالم أحياء مُبْتكِراً. (بيولوجيا تعني الحياة باللغة الإغريقية) قال إمبيدوكليس إن لحم ودم الجسم يتألَّفان من نسبٍ متساوية من كل العناصر الأربعة، وتجذب هذه العناصر عناصر مشابهة من البيئة. وهكذا فإن العناصر الأربعة نفسها تُكوِّن المادّة غير الحيّة والحيّة، العقل والقوى الخارقة الخالدين. وينتقل الدم من القلب إِلى سطح الجسم، حيث يَدخل الهواء من خلال المسام ثم يرجع ثانية، أي يجذب الدم الهواء ويطرده بصورة متناوبة. وحركة الدم في القلب وحوله يخلق الفكرة، ولذلك يُنظر إِلى القلب كعضو للوعي ولكن لإمبيدوكليس رأي ملموس عن الوعي، فيرى مثلاً أن الفكرة ما هي إِلاَّ الدم في حالة الحركة. والإدراك يحدث بواسطة

عناصر موجودة بالدم تجتمع مع العناصر نفسها الموجودة في البيئة. أما الشيء الخارجي فإنه يُرى من خلال عناصر منه تدخل الجسم وتجتمع بالعناصر المماثلة فيه. واجتماعها واختلاطها يشكلان الإدراك. وتحدث التغذية من خلال الامتصاص المباشر، أي تجذب عناصرُ الجسم إليها عناصرَ مشابهة من البيئة. وهذه العناصر الجديدة تتكيّف مع المكان لتشكِّل الجسم الذي يكبر وينمو.

كانت العناصر الأربعة منتشرة على نحو يثير الدهشة، فعاشت طويلاً، ودامت من القرن الخامس الميلادي حتى الثورة الكيميائية في القرن السابع عشر. ومع ذلك، من الصعب أن نفهم تماماً لماذا توقف المفكِّرون عند العناصر الأربعة. وجاء أرسطو بالعنصر الخامس - الأثير - الذي يشكِّل كل الأَشياء خارج الأرض. واستخدم الصينيّون العناصر الخمسة (أَو الحالات): الماء، والتراب، والنار، والمعدن، والخشب. ولدينا في العلم المعاصر حوالي 100 «عنصر» كيميائي مختلف، يمكن أن تتحد لتشكِّل عدداً غير محدود من الجزيئات الممكنة. وفي بداية القرن العشرين، اكتشف الفزيائيون من جامعة كامبريدج (وهم ج. ج. تومسون J. J. Thomson وإرنيست روثرفورد Ernest Rutherford وجيمس شادويك James Chadwick) أن هذه العناصر الكيميائية ليست في الواقع العناصر بالمعنى الكلاسيكي (جسيمات أساسية وغير ممكن تحطيمها) لأنه يمكن تحطيمها كما أنّها مُكوَّنة من ثلاثة جسيمات أبسط منها ويمكن تحطيمها، وهي البروتون والإلكترون والنيوترون. ثم تبين فيما بعد أن هذه الجسيمات الثلاثة

تتفاعل بواسطة جسيم رابع (قصير العمر) وهو الفوتون. ولذلك فإن نظرية إمبيدوكليس حول العناصر الأربعة والقوتين، باختصار، ليست غير متشابهة كثيراً عن النظريات الحديثة عن الكون.

يدعى أبقراط Hippocrates (حوالي 460 ـ 377 ق. م) الأب المؤسِّس للطب. وكان لنظرياته عن المرض والعلاج ووظائف الأعضاء تأثير على الطب وعلم الأحياء حتى القرن الثامن عشر. ومهما يكن من أمر، فإن حياته تحوَّلت إلى أسطورة، ولذلك من المستحيل أن نميِّز أحداث حياته الرئيسية أَو حتى إذا كان موجوداً. وحسب الأسطورة، كان أبقراط طبيباً من كوس Cos وحارس الطب في ثريس Thrace وثيسالي Thessaly وماكدونيا Macedonia، قبل أن يعود إِلى كوس Cos ليؤسِّس مدرسة للطب. وازدهرت هذه المدرسة من أواخر القرن الخامس إِلى أوائل القرن الرابع قبل الميلاد، وأصدرت عدداً كبيراً من المصادر الطبية الأصلية رفيعة المستوى. وبقي منها حوالي سبعون نسخة كتاب. وَنُسِبَت، تقليدياً، إِلى أبقراط Hippocrates، علماً أنه ربما لم يكتب هو نفسه أياً منها. أما الصفة المميزة لطب أبقراط فهي رفضها التفاسير الدينية والفلسفية عن المرض وبحثها عن قاعدة تجريبية عقلانية من أجل العلاج.

ومنذ عصور ما قبل التاريخ، كان يُعتقد، على نطاق واسع، أن سبب المرض يعود إِلى القوى الخارقة أَو الأرواح الشريرة أَو السحر الأسود، ولذلك يتحقق العلاج بإخراج الخطيئة أَو الروح أَو السحر من المريض بواسطة عمليات مختلفة من التطهير. وفي بلاد الإغريق،

كان الطب التقليدي يُمارَس من قِبل الأطباء الكهنة في المعابد المكرّسة للإله أسكليبيوس Asclepius، وفي معابد الصحة هذه، شُخِّص المرض بوضوح على أساس الأحلام والعِرافة أَو الرجم بالغيب من جهة، وعلى أساس الأعراض من جهة أُخرى. أما العلاج فكان نصفه طقوس وتعاويذ، ونصفه الآخر مبني على الصوم والغذاء والعقاقير والتمارين. وقد انحدر أبقراط، حسب أسطورة متأخرة، من الإله أسكليبيس Asclepius ونشأ في كوس Cos كابن لطبيب كاهن ذائع الصيت. أما العلاقة بين الطب الدنيوي (ويمثله أبقراط) والطب الديني (القائم على شفاء متعلق بالإِيمان والسحر) في بلاد الإغريق القديمة فيصعب أن ندركها، علماً أن العلاقة الظاهرة بينها ليست متنافرة كما هي متنافرة اليوم.

لقد قَبِل أبقراط Hippocrates وأتباعه بمبدأ العناصر الأربعة كتفسير للعالم الطبيعي. وكان شغلهم الشاغل البحث عن أسباب المرض وعلاجه. والعناصر الأربعة ـ التراب والنار والهواء والماء ـ لا يمكن أن تُدرَك في أي شيء يضاهي الهيئة التامة المتعلقة بالجسم. كما أنّهم عرفوا القليل نسبياً عن داخل الجسم لأن التشريح كان منهياً عنه دينياً وأخلاقياً. ولذلك كان أتباع أبقراط معنيين بما كان يمكن أن يشاهدوه ويستعملوه في تشخيص المرض وخصوصاً سوائل الجسم: الدم، واللعاب، والبلغم، والعرق، والقيح، والقيء، والسائل المنوي، والغائط، والبول. وبالتدريج تطور المبدأ وأصبح هنالك أربعة سوائل أساسية فقط (أخلاط الجسم): الدم، والبلغم، وسائل الصفراء

الأصفر، وسائل الصفراء الأسود. أما الدم فيظهر في الجروح أَو في حيض المرأة أَو القيء أَو البول أَو الغائط. والبلغم سائل لزج في الفم (لعاب) والطرق التنفسية، ويخرج من الفم والأنف في حالات السعال والرشح. وسائل الصفراء هو السائل العادي الذي يفرزه الكبد في القناة الهضمية ليساعد على الهضم، إنه سائل بني مصفر يُلون الغائط. أما طبيعة سائل الصفراء الأسود فغير واضحة تماماً لأنه كان يشير أصلاً إِلى تخثّر الدم الغامق الناشئ من نزف داخلي. ويمكن أن يَظهر في القيء أَو البول أَو الغائط. وعلى كل حال، لم تشر الأخلاط الأربعة إِلى هذه السوائل وحسب، بل اعتُبِرتْ مكونات الجسم الأساسية. والصحة الجيدة كان مردها إِلى توازن هذه الأخلاط. أما الصحة العليلة فمردها إِلى عدم توازن هذه الأَخلاط. والصرع كان بسبب زيادة البلغم في الدماغ، الأمر الذي يعيق سريان النَّفْس (الروح الحية) إِلى الدماغ. وهكذا بحثوا عن علاج يعيد التوازن بين الأَخلاط وذلك بإزالة خلط زائد عن حده. بالفصد مثلاً أَو تناول شيء مُسهل أَو مُليِّن أَو بالتعرّق أَو التقيؤ أَو الحمية أَو التمارين.

الأَخلاط الأربعة (الدم، والبلغم، وسائل الصفراء الأصفر، وسائل الصفراء الأسود)، كانت تربط بالعناصر الأربعة (الهواء، والماء، والنار، والتراب) وبالصفات الرئيسية الأربع (الساخن، والبارد، والجاف، والرطب) والرياح الأربع، والفصول الأربعة، أما هيمنة خلط على آخر فتؤدي إِلى حالات نفسية أربع. فلدينا مثلاً الشخص دموي المزاج، بسبب هيمنة الدم، ويكون مرحاً وواثقاً من نفسه. ولدينا

الشخص اللامبالي، بسبب زيادة البلغم، ويكون هادئاً وغير عاطفي. والشخص سريع الغضب أَو الصفراوي، المصاب بزيادة إفراز الصفراء، ويكون سريع الاهتياج والمشاجرة، والشخص سوداوي المزاج، المصاب بزيادة إفراز سائل الصفراء الأسود، ويكون، بصورة واضحة، كئيباً، أي حزيناً ومُحبطاً، بسبب انخفاض مستوى الطاقة. لقد كان هذا أول تصنيف نفسي للشخصية أَو الطبع. وقد استُخدِم لتصنيف الناس حتى الأزمنة الحديثة. ومن الواضح أن أحداً لم يبتكر حتى الآن طريقة أفضل لتصنيف الطباع. هذا وقد هَيْمَنَتْ نظرية الأَخلاط الأربعة على التفكير الطبي إِلى ما قبل 300 سنة خلت. والفصد كان ما يزال يستعمل للكثير من المرضى حتى في القرن الثامن عشر.

اعتقد أتباع أبقراط والإغريق بالصحة الإيجابية، أي يمكن للصحة أن تتحسّن، علاوة على انعدام المرض، باتجاه خير وسعادة الإِنسان. أما الطب الحديث فَيُعنى بالصحة السلبية (أي المرض) وكيف يعيدنا للعافية، أكثر من تقديم العون لنشعر أننا في غاية الغبطة والسعادة. واعتنى أتباع أبقراط بنظام أَو نمط حياة يستلزم ـ في حالة الصحة والمرض ـ توازناً صحيحاً للغذاء والتمارين. وقد قُدِّرَتْ أهمية التمارين بالنسبة للصحة البدنية والعقلية، وأُنشِئ لها الملاعب حيث كانت التمارين تمارس على أساس اجتماعي. ولو قَابَلْتَ أبقراط عام 400 قبل الميلاد (بفرض أنك استطعت أن تجده) لتشتكي أنه كان ينقصك طاقة، لربما أعطاك نظاماً مفصلاً اشتمل على برنامج مفصَّل للتمارين مع التحذير من التمارين غير الصحيحة أَو المبالغ فيها.

وربما أعطاك كذلك نظاماً غذائياً يشتمل، بصورة خاصة، على حساءٍ مصفّى، وأوصاك بالإكثار من الحمامات الساخنة والباردة إضافة للتدليك، وبعض الجنس (إذا كنت محظوظاً)، وبعض النصائح المبهمة عن العلاقة بين طاقتك واتجاه الريح وفصل السنة. . إلخ. وسيكون هذا، عموماً، نظاماً فعّالاً ومعقولاً، وستكون محظوظاً لو حصلت على نصائح أفضل من طبيبك اليوم.

أرسطو Aristotle (384 ـ 322 ق. م) كان تمثالاً ضخماً من الفكر، يجلس بين بلاد الإغريق الكلاسيكية وأوروبا في عصر النهضة. وكان قد هيمن على عالم الفكر كحكيم حميد حيناً، وكدكتاتور مستبد أحياناً أُخرى. وقد قُدِّسَتْ أفكاره لدرجة أنّها قيدت أي محاولة لفكرة مبتكرة إلى أن رُفضتْ في النهاية من قبل عصر النهضة في أوروبا عندما اعتُبِر مسؤولاً عن خنق ألفي سنة من الفكر. الكثير من أثر أرسطو Aristotle مستمد من تَلْمَذَتِه على يدي أفلاطون Plato (ربما أعظم المفكرين في كل العصور) وكونه معلّم الإسكندر الكبير Alexander the Great (ربما أعظم الفاتحين في التاريخ).

أفكار أرسطو عن علم وظائف الأعضاء والطاقة استمدت غالباً من إمبيدوكليس وأبقراط وأفلاطون. التغذية والحرارة الحية والنَّفْس (الروح الحية) كانت أموراً بالغة الأهمية بالنسبة لهذه الأفكار. وكان القلب مركز الجسم ومنشأ الوعي وأداة الروح. ومصدر الحرارة، النَّفْس، والدم والحركة لبقية الجسم. والنَّفْس كانت مادة كالهواء أَو الروح، وتحتوي على الحرارة الحيوية والتي كانت دائماً في حركة

سريعة، ولذلك كانت مصدراً لكل من الحرارة والحركة داخل الجسم. كانت النَّفْس مُسْتَمدة من الهواء، ويؤتى بها من خلال الفم والأنف والجلد إلى القلب حيث قَدَّمت إمدادات الحرارة. وتدفق ثابت من سائل مغذٍ من القناة الهضمية كان يأتي بالحرارة. وحرارة السائل داخل القلب كان يُنتِج الدم، وبعدئذٍ، كان الدم والنَّفْس يُوزعان خلال أوعية لبقية الجسم حيث يتخثر الدم ليشكِّل نسج الجسم بتأثير من «الروح المغذية». لم يكن هنالك دوران لِلدّم، وإنما كان الدم يُنْتَجُ في القلب (وفي الكبد والطحال) ومن ثم يوزع إلى الأنسجة دون رجعة. وقد اعتُقِدَ أن الأوعية الدموية (الشرايين) كانت جوفاء (كما هو الحال للكثير منها عندما يَرْشح الدم منها بعد الموت)، ولذلك اعتُقِد أنها تحمل الهواء أَو النَّفْس خلال الجسم. وكان الدماغ يُبرِّد الدم ويعمل على منع الدم من ارتفاع حرارته. وكانت العضلات طبقة للحماية وحسب فتحافظ على بقية الجسم دافئاً، وليس لها وظيفة في الحركة. والأعصاب، بحد ذاتها، لم تكن معروفة، إذ يصعب رؤيتها، ولكن الأعصاب كبيرة الحجم والأوتار العصبية كانت تدعى إجمالاً عصب neura، واعتُقِدَ أن لها وظيفة في تحريك الأطراف وتعمل كالحبال في جَرِّ العظام. أما النَّفْس فكانت تُعطي طاقة الإنطلاق والحركة في الجسم كله.

النَّفْس بالنسبة لأرسطو كانت أيضاً قوة دافعة خارج الجسم ـ في العالم الطبيعي. وحسب تطبيقاته الميكانيكية، كانت الحالة الطبيعية للأَشياء السكون أكثر من الحركة، ولذلك فإن الحركة المستمرة لجسم

كالسهم مثلاً في حالة إنطلاق، كان يتطلب نَفْساً تدفعه باستمرار من الخلف. وهكذا نستطيع أن نرى أن النَّفْس كانت طاقة بالنسبة لأرسطو، علماً أنه كان لها دور مختلف في التفكير الكلاسيكي. وكان أرسطو Aristotle مسؤولاً، على نحو ما، عن نظرية الصفات الأربع: الساخن، والبارد، والرطب، والجاف والتي كانت مكونات العناصر الأربعة. وهكذا كان التراب بارداً وجافاً، والماء بارداً ورطباً، والهواء ساخناً ورطباً، والنار ساخنة وجافة. وأصبح هذا الأمر مبدأً هاماً في الطب المتأخر والكيمياء القديمة لأنه أعطى مفتاح الحل عن كيف تُعدَّلُ نسب العناصر. فالماء مثلاً يمكن أن يحول إلى هواء بالتسخين أَو الهواء يمكن أن يُحوّل إلى نار بالتجفيف.

كان أرسطو أول سلطة تستخدم عبارة إنيرجيا energeia التي تشتق منها كلمة «energy» طاقة. ولكنه استعملها بمعنى «حقيقي» ليعارض بها كلمة «ممكن»، فقد استعمل نظرية مبهمة تقول إن «التغيير» كان يشتمل على تحويل الشيء الممكن إلى شيء حقيقي. وهكذا عندما يحدث شيء فإن حدثاً ممكناً يتحوَّل إلى حدث واقعي. وهكذا فإن كلمة طاقة «إنيرجيا» كانت مرتبطة بالتغير والنشاط، ولكن فيما يبدو الآن كطريقة مبهمة ومجردة إلى حدٍ ما.

بالرغم من أن فكرة أرسطو عن علم وظائف الأعضاء وعلم الطاقة كان الأكثر نفوذاً وتأثيراً إلاَّ أنها كانت أقل أصالة وإمتاعاً من رأي أفلاطون. فلم يكن أفلاطون Plato في الواقع معنياً بعلم الوظائف لأن عقله كان منتبهاً لأمور أسمى من ذلك. فقد كان يريد أن يجد

مكاناً ملموساً للأقسام المختلفة للروح التي تَعَرَّفَ عليها. والجسم، حسب رأي أفلاطون، يُؤَهَّل بواسطة مجموعة متخاصمة من الأرواح يحكمها رأس صعب الإرضاء نوعاً ما. وتقع الروح الخالدة في الرأس، وتقع الروح الفانية بين الرقبة والقسم السفلي. ويقع القسم الشجاع للروح الفانية فوق الحجاب الحاجز، حيث تستطيع أن تُصغي للعقل (من الرأس) وتسيطر على المناطق السفلى. وموطن هذه الروح هو القلب. وعندما يظن الرأس أن الانفعالات في حالة يصعب التحكّم بها، فإنّه يخبر بقية الأعضاء، فيهتاج القلب وترتفع حرارته، وعندئذٍ تُوَفِّر الرئتان طاقتهما بالتزام الهدوء، وتقدمان الراحة للقلب المرهق. وتحت الحجاب الحاجز، تسكن الروح «فاتحة الشهية» التي، بالرغم من ضرورتها للحياة، يلزم أن تبقى مقيدة وبعيدة عن مقر العقل. هذا الجزء من الروح يسيطر عليه الكبد، وقادر أن يُصغي للعقل. وينظم الكبد المناطق الدنيا إما بالتقلص فيغلق الطرق المسبِّبة للألم والغثيان أَو بنشر البهجة والسكينة في الأقسام المحيطة بالروح. والغرض من طول الأحشاء منع الطعام من المرور بسرعة زائدة، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إِلى شهية نهمة للطعام وعدم انفتاح الإِنسان على الثقافة والفلسفة، وَيُدْعَى نقي عظام العمود الفقري «مادة المني» الشاملة (ويدعى كذلك مصدر ماء الرجل) ويَرْبِط الروح بالجسم. وتوجد الأنواع المختلفة للروح في أقسام مختلفة من النقي، بينما العقل والروح يحتلان الدماغ. ونظرية مجموعة الأرواح هذه تدعو للإعجاب، ولكنها يمكن أن تكون خالية من علم الوظائف وتفسير

النوايا. ومن أجل التقدم والتطور، ينبغي أن يحل محل ما هو خارق للطبيعة الأسباب الميكانيكية والطاقة كمصدر للتغير.

كان موت أرسطو والإسكندر سنة 322 و323 ق. م على التوالي علامة مميزة لنهاية العصر الكلاسيكي لبلاد الإغريق. ولكن الإسكندر كان قد نشر الثقافة الإغريقية عبر العالم المعروف مبشراً باقتراب الهلِّينية التي كانت انصهاراً للثقافة الإغريقية والفارسية. وكانت الإسكندرية أشهر مراكز العصر الهِلِّيني التي اشتهرت بوقت قصير في عهد بطليموس الأول Ptolemy، الذي كان قد تتلمذ سابقاً على يدي أرسطو. وجذب بطليموس أعظم العلماء والمفكرين الإغريق إِلى متحف ومكتبة الإسكندرية. وتمكّن طبيبان مبرزان، هيروفيلس وإراسيستراتس، Herophilus, Erasistratus ولأول مرة من أن يمارسا تشريح الجسم البشري هنالك، ونجحا في ذلك نجاحاً عظيماً. ولقد كان ذلك مستحيلاً سابقاً بسبب العقيدة السائدة أن الجسم يحتفظ ببعض الحساسية أَو بقية حياة بعد الموت. والعقائد المتغيرة حول علاقة الروح بالجسم مَكَّنت هيروفيلس وإيراسيستراتس أن يُشَرِّحا الأشخاص الأموات وكذلك المجرمين الأحياء، كما ادُّعي وقتئذ. وأدَّت النتيجة إِلى ثورة في علم التشريح: أي اكتشاف كامل المملكة الجديدة الواقعة تحت الجلد. واكتُشِفت الأعصاب وعلاقتها بالدماغ والعضلات. واكتُشِف الدماغ وكان يُظَن أن التجاويف المملوءة بالسائل أنها مملوءة بشكل جديد من النَّفْس: نَفْس عقلية (أرواح حيوانية). وكانت هذه الروح العقلية تَصْدُرُ من الدماغ مارة بالأعصاب

لتسخن العضلات بالطاقة. وعلى كل حال، انْحَدَرَ الإبداع العلمي الإسكندراني بالتدريج وازداد أثر التصوف الشرقي.

في القرن الثاني والأول قبل الميلاد، اكتَسَحَتْ روما المسرحَ السياسي، بينما كانت تَتَبنّى على نطاق واسع الثقافة والتفكير الإغريقي. وَوُلِدَ في هذا العالم الجديد غالين Galen (حوالي 129 ـ 216 م) آخر طبيب عظيم وعالم أحياء من العصور القديمة. كان ابناً لمهندس معماري من بيرغامون Pergamon، درس الفلسفة ثم ذهب إلى الإسكندرية ليتعلّم التشريح. وبعد أن عاد إلى بيرغامون، أصبح جرّاحاً لمدرسة المجالدين حيث كسب خبرة لا تثمن في معالجة الجروح. وفي سنة 169 م دُعِيَ غالين إلى روما ليصبح الطبيب الخاص لماركوس أوريليوس Marcus Aurelius، الإمبراطور الفيلسوف. ويبدو أن هذه الواجبات لم تكن مرهقة وشاقة كثيراً بالنسبة إليه لأنه تابع كتابته وعمله العلمي، مؤلفاً في النهاية أكثر من 130 كتاباً. كثيرة هي التعليقات والمؤلفات عن المعرفة الطبية السابقة، ومنها كتب ومقالات حول كل الأمراض تقريباً والعلاجات وطرائق التشخيص. وقد أصبحت هذه الكتب النصوص الطبية الأساسية لمدة 1500 سنة واعتُبِر غالين Galen اللاهوتي الطبي. وكان التشريح بالنسبة إليه تمجيداً وتوقيراً للّه الحق. وهذا، بعد أن تقارنت تفاسيره عن الجسم مع تعابير أرسطو، ضمن له قبول كتاباته من قبل المسيحيين فيما بعد وأطباء العالم الإسلامي.

مبدأ غالين Galen عن النَّفْس يمثل الأفَكار الأولى لأبقراط

وأرسطو وعلماء الإسكندرية والرواقية (فلسفة أسّسها زينو). وكلمة الروح Pneuma يمكن أن تترجم بكلمة «هواء» airs، وكان يُظن أنها قوة خفية في الهواء. وكانت النَّفْس تترجم إِلى اللاتينية بكلمة روح spiritus. ولكنها ترجمت اليوم على نحو ناجح بكلمة «طاقة». أما بالنسبة للرواقيين، فكانت النَّفْس صفة غير مادية أو صيغة فُرِضَت على المادة. وهيمنت الروح على الكون، وكانت مَرْكَبَةً كونية من أفكار مشتركة، بواسطتها كان كل جزء من الكون ذو حساسية لبقية الأحداث في بقية الأجزاء. وكانت تعمل الروح كحقل للقوة في الهواء تنشر فوراً الحركة حتى طرف الكون ثم تعيده ثانية. وهذا يُذكِّر بالمفاهيم العصرية عن أمواج الصوت أو الأمواج الكهربائية المغناطيسية التي تتحرَّك في الهواء. وفي داخل الجسم تنتشر الروح في الأوعية الدموية والأعصاب وتساعد في بث الحساسية والحركة والطاقة.

مَيَّزَ غالين Galen بين ثلاثة أنواع من النفس داخل الجسم: النفس الطبيعية، والنفس الحيوية، والنفس الحيوانية. وتكونت هذه بواسطة ثلاثة أعضاء رئيسية ومن الوظائف أو الأرواح المرتبطة بها (الفكرة أُخذت من أفلاطون Plato). الكبد، وهو محور الروح الفاتحة للشهية والمصدر المفتَرَض للأوردة، قد كَوَّن النفس الطبيعية. القلب، وهو مركز الروح النشيطة ومصدر الشرايين، قد كوَّن النفس الحيوية. الدماغ، وهو مقر الروح المنطقية ومصدر الأعصاب وقد كون النفس الحيوانية. ويأخذ الكبد الطعام المهضوم من المعدة والأحشاء ويُعِدّه

على شكل دم وريدي يحتوي على النفس الطبيعية، وعندما يُوزَّع إِلى بقية الجسم، يُمتصُ مشكِّلاً مادة العضو. كان ذلك الأساس في وظيفة الكبد الفاتحة للشهية (المغذية). أَخْذُ الدم الوريدي، القلبُ يخرجه مع النَّفْس المستمدة من الهواء من خلال الرئتين، تكوينُ دم شرياني أحمر، مملوء بالنَّفْس الحيوية. هذه الوظائف الحيوية المنتشرة في الجسم بواسطة الشرايين، كانت المسؤولة عن العمليات الحيوية الأخرى بصرف النظر عن عمليات الحركة والفكر. وكان الدماغ يحول النَّفْس الحيوية إِلى نَفْسٍ عقلية، التي أصبحت فيما بعد مسؤولة عن الوعي، وعندما تُوزَّع بواسطة الأعصاب، تصبح مسؤولة عن حركة العضلات والإحساس.

النَّفْس pneuma، المفهوم الذي حصلنا عليه في العصور القديمة، أقرب إِلى المفهوم العصري للطاقة. إنها صيغة كامنة غير مادية للحركة والعمل والحرارة وتحولاتها تماثل تحولات الطاقة. ولا يزال شبح النَّفْس pneuma يتردّد على فكرة الطاقة الحديثة. ولكنها تحوَّلت إِلى مفهوم مادي بكل ما في الكلمة من معنى على أيدي علماء اليوم الواقعيين.

بعد غالين Galen، كان هنالك القليل من التجديد في العالم الإغريقي والروماني، وتوكيد متزايد على التصوف واللاهوت. وفي القرن الرابع أصبحت المسيحية الدين الرسمي لروما، ولكنها كانت ديانة معارضة تماماً للروح العلمية في ذلك الزمن. وفي القرن الخامس، غَزَتْ القبائل الألمانية النصف الغربي للإمبراطورية مُعلنة

اقتراب العصور المظلمة التي دامت قرابة ألفي سنة. أما الجانب الشرقي من الإمبراطورية والناطق باللغة الإغريقية، فدام مدة أطول من ذلك بكثير فاقداً سلطته بالتدريج. وفي القرن السابع والثامن فتح العرب المسلمون سورية ومصر وشمال أفريقيا وإسبانيا متشربين المعرفة الإغريقية. ولم تتمكن أوروبا المسيحية إِلاَّ في القرن الحادي عشر وبعده، من أن تمتص ثانية المعرفة الإغريقية من الغرب وأن تُطْلِقَ شرارة عصر النهضة.

تشكِّل الكيمياء القديمة جسراً بين الإغريقية القديمة والمعرفة الرومانية من جهة ومولد العلم العصري في أوروبا في القرن السابع عشر من جهة أُخرى. وإذا بدأ بحث الكيميائيين القدماء منذ ألفي سنة في الإسكندرية والصين والهند، فقد كان إسحق نيوتون في أواخر سنة 1680 يكرس معظم وقته لهذا الفن الغامض. وبما أن الكيمياء القديمة ظهرت خلال العصور المظلمة للمعرفة والعلم، فقد عكست الأشكالَ الدينيةَ والرمزيةَ والصوفيةَ. ولكنها أبقت على علاقة ممارسيها مع المعرفة الكلاسيكية والعلم التجريبي. ويبدو أنّه أمر لا يصدق أن يأتي مواطنون عقلاء بهذا الاتحاد الغريب بين الكيمياء والدين. لماذا لا يوجد اتحاد أَو جمع بين الهندسة والجنس، أَو الشِّعر وتزيين الحدائق. فماذا يمكن أن يكون حداثة أكثر من ذلك؟ ولسوء حظهم، كانت نظريات الكيمياء القديمة مغلوطة كلياً .

أهمية الكيمياء القديمة في قصتنا أنها حاولت على الأقل أن تفهم ماهيَّة الأشياء، والأهم من ذلك كيف تتحوّل. فإذا نظرنا ببساطة إِلى

حجر أَو بيضة، فمن الصعب أن نرى مما يتكونان ومن أين تأتي إمكانياتهما للتغيير. وما هو الشيء الذي يُمَكِّن البيضة من أن تتحول إِلى دجاجة؟ ما هو الشيء الذي يسمح لقطعة الخشب أن تحترق؟ ما هو الشيء الذي يجعل قطعة الذهب تدوم للأبد؟ لقد وضع الكيميائيون القدماء كل هذه الأسئلة في النار. لقد كانت النار محولاً ومغيِّراً عظيمين: إنها تفصل المعادن، وتُصَفِّي المحاليل، وتطبخ الطعام. كان الكيميائي القديم من نواح مختلفة طباخاً وتكنولوجيته مُسْتَمدة من المطبخ. وسعى أن يُحوِّل مواده الخام إِلى الكمال وذلك من خلال وصفةٍ طهويةٍ أَو أعشاب أَو استلهام الحل. لقد حاول الكيميائي القديم كذلك أن يفصل (بالتقطير والأَساليب الأُخرى) جوهر أَو روح الأَشياء، كفصل المعدن عن فلزاته أَو تقطير الخل من الكرمة، أَو «استخراج» الدواء من النبات. لقد ظنوا أن إضافة جوهر الذهب (الذي عرف فيما بعد بحجر الفلاسفة) إِلى المعادن الأُخرى، سيحول المعادن الخسيسة إِلى ذهب. ولسوء حظ الكيميائيين القدماء، لم يعرفوا حينئذٍ أن الذهب كان عنصراً غير قابل للتغيير وأنّه جوهري أكثر من التراب والنار والهواء والماء، وأنّه ليس هنالك جوهر للذهب يمكن أن يُعطى للمعادن الأُخرى، أما الإنجاز الحقيقي للكيميائيين القدماء فكان، من خلال كدحهم فوق موقد ساخن وتلفيقهم المفاهيم العقلية، أنّهم بالتدريج غَيَّروا الأنواع والأَفكار التي فُهِمتْ المادة من خلالها، وساعدوا في النهاية في تطوير الكيمياء والكيمياء الأحيائية.

ماذا تعلمنا من رحلتنا خلال التقدم العلمي في العالم

الكلاسيكي؟ من إمبيدوكليس Empedocles وأرسطو Aristotle وعلماء الذرة، اكتشفنا أن العالَم وتغيراته لا ينبغي أن تُفهم حسب أمنيات ورغبات الكهنة أَو الأرواح أَو رغبات المادة نفسها، بل يمكن أن تُفسّر حسب بنية وتفاعلات عدد صغير من الجسيمات والعناصر التي هي أصغر من أن تُرى، ولكن عندما تُخلط معاً فإنّها تُكَوِّن مادة يمكن أن تُشاهد. أما التغيرات التي نراها فتعود أسبابها إِلى تجاذب أَو تنافر بين الجسيمات التي تؤدي إِلى التغيرات في تركيب المادة. من أبقراط Hippocrates وغالين Galen علمنا أن أسباب الموت والمرض لا تعود إِلى إرادة الكهنة أَو الشياطين أَو السحرة، ولكن يمكن أن تُفَسَّر بحسن أَو سوء أداء آلة الجسم. وهذا يمكن أن يُفهم من خلال ارتباط الأعضاء المختلفة بوظائفها والسوائل الحيوية المختلفة التي تجري فيها وبينها، وأنواع مختلفة من الأَنشطة أَو الغازات الخفية التي تنفخ الحياة في الجسم. ومهما يكن من أمر، فإن هذه المعرفة لا تشرح كيف يحرك شخص يده بإرادته أَو كيف يمكن أن تحدث الفكرة أَو كيف تختلف الحياة عن الموت، فلذلك يجب أن تستمر رحلتنا في العالم الحديث بحثاً عن طاقة الحياة.

التنوير

بدأ عالمنا المعاصر بالظهور إِلى الوجود على أيدي علماء ومفكري أوروبا في القرن السابع والثامن. ولولا تدخلهم لعشنا الآن على نحو مختلف، ربما في حالة مرتجلة أولية. ولكن الأمر احتاج ثورات وثورات مضادة، وأبطالاً وأبطالاً معارضين، ودماءً

ودموعاً لتحقيق تحول الفكر الذي أصبح يُعرف باسم «التنوير».

لقد كان من عمل أربعة علماء، على وجه التحديد، الذين مهدوا الطريق لهذا الأسلوب العلمي الجديد. فنسفت اكتشافاتهم معتقدات القرون الوسطى عن علم الكونيات. وأول مفاجأة مذهلة حرَّرت العالم، الذي كان منزعجاً بمعتقداته في القرون الوسطى كان الاكتشاف القائل أن الأرض لم تكن مركز الكون. ولحكمة ما، لم يذكر كوبرنيكس ذلك علناً إطلاقاً (Copernicus 1543 ـ 1473). ولكن موجات الصدمة التي خرجت من نظريته حول مركزية الشمس هَزَّتْ الكنيسة في العصور الوسطى على كل حال. وَبَيَّنَ كيبلر Kepler (1571 ـ 1630) أن الكواكب لا تتحرَّك على شكل دائري وإنما على شكل بيضوي. إضافة لذلك استخدم غاليليو Galileo (1564 ـ 1642) التلسكوب ليبيِّن أن ليس كل شيء يبلغ حدّ الكمال فيما يتعلّق «بالأجسام السماوية»، فالقمر تغطيه الفوهات البركانية والبراكين. ولكوكب جوبيتر أقمار، ويتألَّف غطاء المجرة في الواقع من ملايين وملايين من النجوم. وتابع نيوتون (1642 ـ 1727) لِيُبيِّن أن الكواكب ليست قانوناً لنفسها وإنما تتبع قواعد الأشياء نفسها على الأرض.

والأهم من ذلك بكثير، قال كيبلر وغاليليو ونيوتون؛ أن كل شيء بدءاً من أباريق الشاي إلى الكواكب «ينصاع» إلى قوانين ميكانيكية دقيقة رياضياً، مستحضرين في أذهانهم الكون شديد التنظيم، الذي تحكمه «قوى» ميكانيكية باردة. ولم يعد هنالك متسع للأرواح أو إدعاءات الكهنة، ولا متسع لقوى إمبيدوكليس

Empedocles عن الحب والنزاع. فالأشياء لم تتحرَّك (ولم تتوقف كذلك) لأنها أرادت أن تفعل ذلك، ولكن لأنّها أُجبرت على ذلك. وحسب نيوتون (وغاليليو) عن القانون الأول للحركة، لم تعد الحركة تشير إِلى الحياة أَو الروح. وإن مجرد تغيير في السرعة أَو الاتجاه كان عملية نشيطة بسبب «قوة» خارجية. وهكذا، وعلى نحو مذهل، كل الحركة في العالم، بصرف النظر عن الحيوانات الحية، يمكن أن تفسّر كحركة سلبية ميكانيكية. وفجأة، أصبح العالَم غير المادي بارداً للغاية وفارغاً وميتاً. وبدلاً من الأرواح والأشكال والنوايا، كان هنالك قوى. وفي الواقع لم تكن «القوى» التي سكنت عالم نيوتون مختلفة جذرياً عن الأرواح السابقة. فالقوى الجديدة كانت غير مُفَسَّرة ومتعذرٌ تعليلها، ولكن كان لها أساس ميكانيكي غير حي، بالمقارنة مع الحرية الحية «للأرواح». وأطاعت هذه القوى، رغماً عنها، قوانين رياضية دقيقة، بينما تبعت الأرواح أهواءها. أما المعجزة التكنولوجية لذلك الزمن، فكانت الساعة الميكانيكية، التي أصبحت، بدورها، المعنى المجازي للكون نفسه. وباختراع الساعة، بدأ الزمن يسجِّل وأُجبر الكون أن ينبض في الوقت المحدّد.

لم تكن فقط الأشياء غير الحيّة التي أُرغمت على الإنحناء إِلى الروح الميكانيكية الجديدة للعصر، فقد رأى رينيه ديكارت René Descartes (1596 ـ 1650) أن الحيوانات أيضاً كانت أجهزة ميكانيكية محضة، أي أجهزة أوتوماتيكية بلا شعور أَو وعي. كما يمكن أن تُعلّل عمليات الجسم باستخدام القوانين الميكانيكية. فالأعصاب،

مثلاً، كانت تعمل كأنابيب هوائية تنقل تغيرات ضغط روح الحيوان (النفس العقلية) من نهايات الأعصاب إِلى الدماغ. ومن هنالك، خلال أعصاب أُخرى، إِلى العضلات حيث كان الضغط يضخّم العضلات.

«الآن حسبما تدخل هذه الأرواح إِلى تجاويف الدماغ، فإنّها تمر من هنالك إِلى مسامات المادة، ومن هذه المسامات إِلى الأعصاب، وحسبما تدخل أَو بينما تتجه لتدخل في واحد أَو أكثر، يكون لديها القدرة لتغيير شكل العضلات التي تدخل فيها الأعصاب، وبهذه الوسيلة تجعل كل الأعضاء تتحرَّك».

وتابع مقارناً الوظائف العصبية للجسم والعقل بالدمى المتحركة والأنيقة، التي تتحرَّك بأنابيب هيدروليكية، ويمكن أن تتحرَّك وتتكلم في ما يبدو.

وترك ديكارت فتحة صغيرة للروح في الغدة الصنوبرية، وهي غدة لوزية الشكل في مركز الدماغ. وقال إن الروح كانت مختلفة جوهرياً عن المادّة ولا تخضع لقوانين الطبيعة، ولكنها تتفاعل مع الجسم، من خلال الأرواح الحيوانية داخل الغدة الصنوبرية. وقال إنها تتألَّف من مادّة تفكير غير قابلة للانقسام أَو التمدد، وتشكِّل العقل وكل الأفكار والإرادة والرغبات. ولكن كل شيء على الأرض، أي الجسم البشري والدماغ كذلك، هو عبارة عن آلية عمل ساعة ضخمة.

قيل إن ديكارت كان خاضعاً لتلبس الشياطين أَو العفاريت

لابتكاره مذهب «الثنائية» الذي مفاده أن العالَم يتكون من مادتين مختلفتين جوهرياً: العقل والمادّة. والثنائية على كل حال مفهوم قديم وموجود في كل الثقافات الأولى، ففي عصر النهضة في بلاد الإغريق، كان المفهوم لأفلاطون Plato عن عالمين منفصلين يتكونان من مظاهر خارجية وأَفكار بالغة درجة الكمال، وكذلك حسب مفهوم أرسطو Aristotle حول المادّة والشكل، والثنائية موجودة كذلك وباستمرار في كل مكان من الفكر الهندوسي واليهودي والمسيحي والإسلامي، وتقول بانفصال الجسم عن الروح. ولم يبتكر ديكارت الثنائية. على العكس تماماً، كان مادياً، راديكالياً، مُعتَبِراً كل الأشياء تقريباً تَتَكَوَّنُ من شيء واحد فقط وهو المادّة. ولكن ربما خانته شجاعته عندما وصلت إِلى إنكار الروح. ويمكن أن تتصوّر أن ديكارت فعل ذلك بعد أن أدانت محاكم التفتيش، سنة 1616 و1633، غاليليو بسبب معتقداته الهَرْطَقِيَّة.

سواء قصد ديكارت ذلك أم لم يقصد، فإن فلسفته والفلسفات الميكانيكية الأُخرى كانت تفصل الجسم عن العقل إِلى حد بعيد. ولذلك اعتُبرت عموماً أنّها مختلفة بصورة جذرية. وكان يُنظر إِلى الجسم والعقل كآلتين باردتين وكانا يُحلِّلان وكأن الواحد منهما دمية فنية حديثة أَو ساعة أَو رافعة أَو دمية هيدروليكية أَو آلة بخارية، أَو إنسان آلي كهربائي أَو كمبيوتر إلكتروني، وهكذا أصبح العقل شيئاً غير واضح وغير مادي، ويتزعزع عند التحليل والأفضل أن يترك

لعلماء اللاهوت والفلاسفة ليفكِّروا به. وبالتالي ينقسم السعي وراء الطاقة الجسدية والطاقة الفكرية إِلى قسمين هنا، إِلاَّ أنهما يجتمعان مرّة أُخرى في الوقت الحاضر تقريباً.

كان ديكارت من أعظم فلاسفة ورياضيي وعلماء العالم، ولكن يبدو أنّه كان كسولاً فعلاً. فنادراً ما كان ينهض قبل منتصف النهار، وكان يعمل لساعات قصيرة، ويقرأ قليلاً. ولكن من أين جاء بإبداعاته التي ظهرت في أعماله العظيمة؟ قد يكمن واحد من الإجابات في تجنّبه للروتين. ولم يكن بحاجة لوظيفة، لأنه باع ممتلكات والده، وكان ينفق من ريع استثماراته. ولذلك انهمك في أبحاثه. وعندما هدَّده الملل، التحق بالجيش، فاختبر جيوش فرنسا وهولندا وباڤاريا. لقد كان اجتماعياً، ولكن إذا صرفه أصدقاؤه عن عمله، كان يبتعد عنهم. لم يتزوج ديكارت قط، ومات طفله غير الشرعي في الخامسة من عمره، ولذلك لم يكن هنالك حاجة لكي يتكيّف مع الروتين المنزلي. وكان قادراً على التركيز الشديد في فترات قصيرة. ففي صباح يوم بارد من شتاء سنة 1619 ـ 1620، عندما كان في الجيش الباڤاري، دخل إِلى فرن كبير ليحافظ على دفء جسمه. ومكث هنالك كل اليوم مفكراً. وعندما خرج كان قد أنهى نصف فلسفته الانتقادية، التي أصبحت أساس الفلسفة الحديثة. تؤكد هذه الحكاية الطريفة على أهمية إبعاد كل ما يَصْرف الذهنَ من المحيط الخارجي الذي يمكن أن يشوّش المجهود الفكري. ولكن ما كان لديكارت أن يتوصل إِلى هذا العمل الفذّ دون أن يُبْعِدَ كذلك كل الإغواءات

الداخلية للأَفكار الروتينية والمشاعر والرغبات. والأهم من ذلك كله، أنه ما كان له أن يحقِّق شيئاً بدون تلك الدرجة الرفيعة من الثقة بالنفس. ولو لم يكن مُسَلَّحاً بالتفاؤل لما استطاع أن يَرفض كل التفكير السابق، وأن يجدّد المصوَّر الفكري للعالَم. والثقة شرط ضروري للإبداع. ولكن عزيمته انهارت أخيراً عندما أغرته الملكة كريستينا Christina للذهاب إلى السويد. وكان مُرغَماً على إعطائها دروساً يومية عند الساعة الخامسة صباحاً. وكان ذلك مرهِقاً بالنسبة لبنيته الضعيفة فمات خلال ستة أشهر.

لقد حاول ديكارت، ولكنه لم ينجح، في تطبيق منهجه الميكانيكي الجديد على البيولوجيا. ولكن على يدي وليام هارڤي William Harvey (1578 ـ 1657)، وحسب رأيه، أدَّى هذا المنهج إلى نجاح مرموق عندما اكتشفَ الدورةَ الدمويةَ. كان يُعتَقَد أن الدم يُصنع في الكبد والقلب، ماراً مباشرة من الجانب الأيسر للقلب إلى الجانب الأيمن ثم يخرج إلى بقية الجسم ولا يعود إلى القلب أبداً، علماً أنّه يمكن أن ينحسر ويتدفق في الأوعية الدموية. وكان يُعتقد أن خفقان القلب كان مردّه، على نحو ما، إلى التنفّس، وعلى نحو آخر، إلى تشكّل الحرارة والأرواح داخل القلب. ولذلك لم يضخ القلبُ الدمَ، كما ظُنَّ سابقاً. لَقَدْ بَيَّن هارڤي Harvey بالتجربة والبرهان الكمي أن القلب يتلقَّى من الدم بقدر ما يضخ إلى الخارج. ولم يكن يصنع الدم بل كان يوزعه في الجسم. لم يكن القلب كيميائياً قديماً بل مضخة ميكانيكية. إضافة لذلك، أثبت هارڤي أنه كان مضخة مزدوجة،

فالأوردة كانت تأتي بالدم من أطراف الجسم إِلى الجانب الأيمن من القلب الذي كان يضخ الدم إِلى الرئتين ثم يعود من هنالك إِلى الجانب الأيسر من القلب ثم يُضَخ إِلى أطراف الجسم من خلال الشرايين. وهذا يخبرنا أن وظيفة القلب والأوعية الدموية كانت تفسر بتشبيه ميكانيكي، وقد أوحت هذا التشبيهَ المضخةُ والأنابيب المستخدمة لتوزيع الماء.

كان هنالك نقطة ضعف في منهج هارڤي، فلم يعرف كيف وصل الدم من الشرايين وعاد إِلى الأوردة. وسبب ذلك أن الأوعية الشعرية كانت صغيرة للغاية ولم يتمكن هارڤي من رؤيتها. ولذلك ترك الأمر لمارسيلو مالبيغي Marcello Malpighi (1628 ـ 1694) ليكمل صورتنا عن دوران الدم، وذلك باكتشاف الأوعية الشعرية بواسطة مجهر اكتشف حديثاً، تماماً كما اكتشف التلسكوب السماء وكما اكتشف مشرط التشريح الجسم تحت الجلد. ولا بد أن أول من استخدم المجهر شعر بالدهشة عندما دخل إِلى مناطق مجهولة. وهكذا وصف مالبيغي Malpighi لأول مرة بنية الرئات والطحال والكلى والكبد والجلد. ولا يزال الكثير من أقسام الجسم تحمل اسمه (مثلاً أقنية مالبيغي في الكلى) تماماً كما ترك الذين اكتشفوا البر والبحر أسماءهم في الأمريكيتين. ثم أنتوني ڤان ليونهوك Antoni van Leeuwenhoek (1632 ـ 1723) تاجر أجواخ هولندي، ومن أوائل من استخدم المجهر، اكتشف العضلة المخططة والسائل المنوي والباكتريا. ومن ثم جاء العالم الإنكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 ـ 1703)

الذي كان أول من شاهد وسَمَّى «الخلية» ولكنه فشل في معرفة أهميتها.

إن معرفة البنية المجهرية للأشياء الحية أمر ضروري كي نفهم كيف تعمل. وفي هذا المجال تختلف عن الآلات الميكانيكية التي تُرى بالعين المجردة، بينما تُبْنى الأشياء الحية من أجزاء مجهرية منسجمة التكوين ولكن غير مشوقة. وتبدو الأشياء الحية للعين المجردة بسيطة تماماً، إلاَّ أنّها تُظْهِرُ تعقيداً يدهش العقل حسب المقياس المجهري. وهذا التعقيد المتقلّب يستمر حتى يصل للمقياس الذري. ولم يكن البيولوجيون الميكانيكيون وكل الأجيال السابقة من البيولوجيين مدركين لهذا الجانب الحي من المعرفة. وتُفْهَمُ بعض الوظائف البيولوجية (كيف يدور الدم مثلاً) على مستوى العين المجردة. ولكن أهم الأسرار (لماذا يدور الدم مثلاً) فتوضع على ميزان الجزيئات، كما أنّها ليست في متناول يد الذين يستخدمون المجاهر كذلك. وهكذا، تمكّن البيولوجيون الميكانيكيون من القيام بتقدّم قليل نسبياً، بالرغم من تقدّمهم المفاجئ أحياناً فيما يتعلّق بدوران الدم وعلم بصريات العين.

رداً على التفسير الميكانيكي (والكيميائي) للحياة الذي ذُكر في القرن السابع عشر، دافع الكثير من العلماء والمفكرين عن الحياة لأنها مختلفة جذرياً عن الأشياء غير الحية بسبب امتلاكها «قوة حيوية». وكان جورغ إيرنيست ستاهل (1660 ـ 1734) واحداً من القائلين بالمذهب الحيوي، الذي فسَّر الحياة والمرض كأعمال روح

حسَّاسة «anima» تسكن كل جزء من الكائن الحي وتمنع تفسخه. «والأرواحية» هذه نظيرة «الحيوية»، أي الاعتقاد أن الحياة لا تفسر بلغة ميكانيكية وكيميائية محضة، وهذا يُرجِعنا إِلى زمن أرسطو وما قبله. كان ستاهل كيميائياً وجاء بالنظرية اللاهوبية سيئة السمعة، والتي فسّرت الاحتراق، أي الاحتراق مع ما يرافقه من لهب وحرارة، أنه ناشئ عن إطلاق مادة خاصة تدعى فلوجيستون phlogiston، أي طاقة حرارية مخزّنة. كان يعتقد ستاهل أن النباتات تأخذ مادة الفلوجيستون من الهواء وتدمجها في مادتها، فإذا احترق النبات فيما بعد (كالخشب أَو القش) فإن مادة الفلوجيستون تسرّب إِلى الهواء. وإذا أكل الحيوان النبات فإن الفلوجيستون ينطلق عن طريق تنفس الحيوان، وهذا شكل من الاحتراق داخل الحيوان. لقد ضلّل شبح مادة الفلوجيستون الكيميائيين مئة سنة تقريباً إِلى أن قضى عليه لافوازييه Lavoisier الذي دحض حيوية ستاهل كذلك. ومات ستاهل، على كل حال، في حالة من الاكتئاب الشديد قبل زوال نظرياته بوقت طويل.

لقد أدّت بنا الرحلة التاريخية إِلى عالَم بارد وتجريدي من العلم، أُبْعِدَ عن الشعوذات والأرواح، وحَكَمَتْه، بدلاً من ذلك، القوانين والقوى. وقد قُمنا بمغامرة تحت قشرة من المظاهر الخارجية، ويجب أن نسير قدماً لنصل إِلى مقاييس أصغر إذا أردنا أن نفهم معنى الحياة. لقد أصبح الجسم البشري آلة، وينبغي أن يفكك قطعة قطعة. ولكن حجاب الألغاز التالي الذي يخفي سر الحياة ليس جسدياً أَو

ميكانيكياً. وعلى الحلم القديم للكيميائيين القدماء أن يُثمر على شكل كيمياء الحياة.

الثورة

المحاولات البشرية لاكتشاف سر طاقة الحياة قد توقفت لمدة ألف سنة ولكنها بدأت الآن لتسير قدماً. وكان ذلك بفضل منجزات مروعة لرجل واحد: وهو أنطوان لورينت لاڤوازييه Antoine Laurent Lavoisier (1743 ـ 1794)، أبو الثورة الكيميائية وضحية الثورة الفرنسية. وكان كل من أرسطو Aristotle وغالين Galen وباراسيلسوس Paracelsus وستاهل Stahl وآخرون يدركون أن هنالك علاقة ما بين التنفّس والحرارة والحياة. ولكن طبيعة هذه العلاقة لم تكن واضحة. لقد بَيّن هارڤي أن الدم ينتشر من الرئتين إلى أطراف الجسم ثم يعود ثانية عن طريق القلب، ولكن لماذا انتشر بهذه الطريقة. أكان ذلك من أجل إحضار شيء للأنسجة أم نزعه منها؟ ولقد لوحظ التشبيه بين الحياة والاحتراق، ولكن كان ينظر إلى الاحتراق كنوع من التحليل ولذلك كانت الصلة مع الحياة غير واضحة.

ألقى بعضُ العلماء البريطانيين الضوءَ على تلك الألغاز. فاكتشف روبرت بويل Robert Boyle (1627 ـ 1691) أن حيواناً لا يستطيع أن يعيش طويلاً في جرة فُرِّغ منها هواؤها بواسطة مضخة تخلية الهواء، مبيناً أن حياة الحيوان تعتمد على الهواء أَو بعض مكوناته. وَبَرْهَنَ مساعدُ روبرت كوك Robert Kooke (1635 ـ 1703) أن حركة الصدر

الميكانيكية أثناء التنفّس لم تكن ضرورية للحياة، لأنه تمكن من إيقاف حركة الصدر في الحيوانات، بينما كان يحافظ على الحياة وذلك بنفخ الهواء ثم تخليته بواسطة المنفاخ. وبرهن ريتشارد لووَر Richard Lower (1631 ـ 1691)، وهو رائد من روّاد نقل الدم، أن تَغَيُّرَ لون الدم من أسود مزرق في الأوردة إِلى اللون الأحمر في الشرايين يحدث أثناء مروره من خلال الرئتين.

يعتقد بعض علماء القرن السابع عشر، على نحو لا يصدق، أَن الحياة كانت تسير بطاقة مماثلة للبارود. وقد أدّى اختراع البارود في أواخر العصور الوسطى إِلى الاعتقاد أن مكونات البارود (كبريت ونيترات) كانت مسؤولة عن الرعد والبراكين والهزّات الأرضية، وأكَّد هذا الافتراض، بصورة واضحة، الرائحةُ الكبريتية للبراكين والعواصف الرعدية. وكان يُظن أن البرق كان ينشأ عن مركب نتراتي من الهواء، هو روح النترات. وكان يُعتقد كذلك أن روح النترات هذه كانت تستخلص من الهواء بواسطة الجسم المتنفس ثم تتحد مع مركبات كبريتية موجودة في الجسم أصلاً على شكل احتراقات ـ أي انفجار الحياة. إن نظرية البارود عن الحياة مثال آخر مدهش عن كيفية تقديم التغيير التكنولوجي أمثلة تشبيهية وأساليب تفكير مبتكرة عن البيولوجيا.

بين سنتي 1750 و1775 اكتُشِفت الغازات الرئيسية من قبل كيميائيين بريطانين. جوزيف بلاك Joseph Black اكتشف غاز ثاني أوكسيد الكربون سنة 1757. وهنري كاڤينديش Henry Cavendish

اكتشف الهيدروجين سنة 1766. ودانيال روثرفورد Daniel Rutherford اكتشف النيتروجين سنة 1772. أما الأوكسجين فقد اكتشفه جوزيف بريستلي Joseph Priestley سنة 1774 وكارل سكيل Karl Scheele سنة 1772. وكان كل واحد منهما مستقلاً عن الآخر. على كل حال، لم تُعتَبر هذه الغازات مواداً كيميائية مميزة وإنما أنواع من الهواء. وهذا يذكرنا بنظرية إمبيدوكليس عن العناصر الأربعة التي ما يزال لها نفوذها ـ فقد دامت 2200 سنة بعد موته. فمثلاً كان يُعرف ثاني أوكسيد الكربون كهواء ثابت. وكان يعرف الأوكسجين بهواء النار. إلاَّ أن المسرح العلمي كان مهيئاً لثورة: من أجل الإطاحة بالعناصر الأربعة، وإخماد نار مادة فلوجيستون phlogiston، ورفض النظرية الحيوية، ومن أجل خلق الكيمياء والكيمياء الفيزيولوجية.

كان لافوازييه Lavoisier ثائراً غير مرغوب فيه: فقد كان والده محامياً، وكانت أسرته جزءاً من البورجوازية الفرنسية المزدهرة. وتلقى أحسن تعليم ممكن ودرس القانون. وكسب فائدة في الكيمياء من صديق الأسرة. وكانت الأكاديمية الفرنسية للعلوم قد تأسّست منذ سنة 1666. وقرَّر لافوازييه، عندما بلغ الحادية والعشرين من عمره، أن يكون عضواً فيها. ونجح في البحث عن طرائق مختلفة من أجل إنارة الشوارع العامّة. ونال الميدالية الذهبية، قدّمها له الملك. وفي الخامسة والعشرين من عمره انتخب ليكون عضواً في الأكاديمية. ثم بحث في سلسلة من التجارب الكيميائية التي أعادت هيكلة عالم المعرفة. وكان عليه أن يُمول تجاربه الكيميائية الخاصة به، شأنه في

ذلك شأن العلماء الآخرين المعاصرين له ولذلك باع ما ورثه عن والدته ليشتري عضوية في مؤسسة لجباية الضرائب. الأمر الذي طمأنه مالياً، إلاَّ أن ذلك كان عملاً مشؤوماً في النهاية لأن جباة الضرائب أصبحوا غير محبوبين بعد الثورة الفرنسية، إلاَّ أن مهنته كانت سبباً في التعرّف على فتاة في الثالثة عشرة من عمرها، تُدعى ماري، ابنة جابٍ من جباة الضرائب، والتي أصبحت زوجته فيما بعد. وقد ظهر فيما بعد أن ذلك كان أمراً حكيماً لأن ماري بسرعة أصبحت عالمة ماهرة، وقامت بدور مساعد قدير في كل أعمال لافوازييه.

وفي سنة 1775 عُيِّن لافوازييه مديراً علمياً في الإدارة الملكية للبارود. وبدأ يعمل لإيجاد وسائل لتحسين الإنتاج. وبحث في الطبيعة العامة للاحتراق والأكسجين والتنفّس. وعندما دحض أخيراً نظرية الفلوجيستون، قدّم أفراد أسرته للجمهور احتفالاً، ارتدت ماري فيه رداء كاهنة، وأحرقوا كتابات ستاهل على مذبح الكنيسة، أما سنة 1789، وهي السنة التي نشر فيه لافوازييه كتابه العظيم Traite elementaire de chimie، فكان علامة بارزة لبداية الثورة الفرنسية. ومع أنّه خدم في إدارة ثورية، إلاَّ أن بورجوازيته وجباية الضرائب أحدثت أثراً قاسياً عليه، فَسُجِن خلال حكم الإرهاب. وأتيحت الفرصة لزوجته ماري أن تقدم التماساً من أجل الإبقاء على حياته، ولكنها بدلاً من ذلك شجبت النظام بشدة، وحوكم لافوازييه ونُفِّذَ فيه حكم الإعدام بالمقصلة سنة 1794.

كان أول أهداف لاڤوازييه نظرية العناصر الأربعة. كان الكيميائيون القدماء قد وجدوا أن تسخين الماء لمدة طويلة يؤدي إِلى اختفائِهِ وظهور مخلفات صلبة. وظنّوا أن هذا ناشئ من تحوّل عنصر واحد ـ وهو الماء ـ إِلى عنصر آخر ـ وهو التراب ـ وذلك بفعل الحرارة أَو التجفيف. ونحن نعلم الآن أن المخلفات الصلبة تنشأ، على نحو ما، من الأملاح الذائبة في الماء غير الصافي، وعلى نحو آخر، من الوعاء الذي تُسخَّنُ فيه الماء. وبرهن لاڤوازييه على ذلك بتسخين ماءٍ نقي في وعاء زجاجي مختوم لمدة مئة يوم ويوم. ووجد أن كمية ضئيلة من مادة صلبة ظهرت في الماء. ولكنه وزن المادة والماء والوعاء فتبين أن كل هذه المادة كانت ناشئة فقط من الوعاء. وهكذا برهن أن الماء لا يمكن أن يتحوّل إِلى تراب.

وبعد ذلك التفت إِلى إحراق المعادن. إن تسخين المعادن يؤدي إِلى صدأ السطح. وقد شُبِّه هذا بالاحتراق. ولكن حسب نظرية فلوجيستون (أي التسوية بين الفلوجيستون وعنصر النار) ينشأ الاحتراق عن إطلاق مادة الفلوجيستون من المادّة إِلى الهواء. واختبر لاڤوازييه هذه المسألة بقياس وزن المعدن قبل التسخين وبعده. ووجد أن المعدن كان دائماً يزداد وزنه بعد التسخين. وهكذا نجد أن نظرية فلوجيستون عن احتراق المعادن لا يمكن أن تكون صحيحة: وشرح لاڤوازييه اكتشافه بأنه أثناء تسخين المعدن، اتحد شيء من الهواء مع المعدن ليشكِّل الصدأ. ولذلك زاد وزن المعدن. ولكن ما هو ذلك الشيء الذي اتحد مع المعدن؟

في هذا الوقت (تشرين أول 1774) زار جوزيف بريستلي Joseph Priestly باريس، وتناول العشاء مع لافوازييه والعلماء الفرنسيين الآخرين. وأدَّى هذا الاجتماع الحاسم إلى الحصول على الحل الأساسي لبحث لافوازييه، ولكنّه أدَّى إلى نزاع مرير وطويل الأمد حول الأفضلية العلمية والانتحال. كان بريستلي (1733 ـ 1804) Priestly قسيساً بروتستنتياً من مدينة يوركشاير قد أظهر مَيْلاً مفاجئاً نحو العلم. فبينما كان يدرس خصائص غاز ثاني أكسيد الكربون الناشئ عن مصنع الجعة المجاور له، اكتشف بريستلي أن انحلال الغاز في الماء، يشكِّل مشروباً لذيذاً. (المياه الغازية، الموجودة في معظم المشروبات غير المسكرة اليوم) ونال ميدالية مميزة من الجمعية الملكية لهذا الإكتشاف. ودُعِم فيما بعد بعضوٍ جديد ليساعده في عمله وهو إيرل شيلبورن Earl of Shelburn الذي كان بالنسبة له سكرتيراً ومفكراً مقيماً. وأنشأ بريستلي مخبراً على أرضٍ يملكها شيلبورن Shelburn في الريف وواصل عمله من أجل فصل عدد من الغازات. وفي آب 1774، تمكّن بريستلي من فصل الأوكسجين وذلك بجمع الغاز الناتج عن تسخين أوكسيد الزئبق. فقد وجد أن الشمعة تتوهج أكثر أثناء احتراقها والفأر يعيش مدة أطول في جرة مملوءة بهذا الغاز بالمقارنة مع الهواء العادي. واعتبر بريستلي Priestly الغاز الجديد نوعاً من الهواء (هواء صاف) وسمّاه فيما بعد (الهواء نقيض الفلوجيستون) لأنّه كان مؤيداً لنظرية فلوجيستون. عند هذه النقطة الحاسمة أخذ شيلبورن Shelburn بريستلي Priestly إلى باريس،

وأثناء عشاء مهم مع لاڤوازييه، تحدث بريستلي عن تجاربه الحديثة. ولكن هل استلهم لاڤوازييه أفكاراً من هذا الاجتماع أم لا؟ سؤالٌ جرى حوله جدلٌ ساخن فيما بعد. وأعاد لاڤوازييه تجربة بريستلي للحصول على الأوكسجين وذلك بتسخين أوكسيد الزئبق، وهو يدرك أن هذا الغاز الجديد لا بدّ أن يكون المادة الموجودة في الهواء والتي تتحد مع المعدن المسخن لتؤدي إلى الصدأ (أوكسيد المعدن) ولكن لاڤوازييه فهم الغاز الجديد كمادة منفصلة (أَو عنصر)، وليس نوعاً من الهواء وسمّاه فيما بعد «أوكسجين»، وتعني هذه الكلمة باللغة الإغريقية (مُشكل الحمض) لأنه اعتقد خَطأً أن كل الأحماض تحتوي على بعض الأوكسجين. وفي نيسان سنة 1775 قدّم لاڤوازييه نتائج بحثه إلى الأكاديمية الفرنسية دون أن يشير إلى بريستلي مدعياً أنه اكتشف الأوكسجين دون الاعتماد على أحد. ونتيجة لذلك، ناقش بريستلي بشدة أولويته في اكتشاف الأوكسجين. ويبدو أنه يوجد الآن شك ضئيل حول ما إذا اكتشف بريستلي Priestly وسكيل Scheele الأوكسجين. ولكن بما أنّهم استخدموا نظرية فلوجيستون، وكان لديهم مفهوم غير واضح عن العناصر الكيميائية، فقد فشلوا في تفسير اكتشافهم كمادة جديدة.

بعد ذلك، ظهر نزاع جديد حول تركيب الماء. كان الماء لا يزال يُعتبر عنصراً. ولكن وَجَدَ كلٌ من بريستلي Priestly وكاڤنديش Cavendish وجيمس وات James Watt (المشهور باكتشاف الآلة البخارية) أنه إذا اشتعل مزيج من الهيدروجين والأوكسجين (أَو هواء

يحتوي على الهيدروجين) نتج عن ذلك ماء. وعلى كل حال تأخر هؤلاء في نشر نتائج أبحاثهم. وصدف أن زار مساعد كاڤنديش Cavendish باريس، وببراءةٍ أخبر لاڤوازييه عن نتائج أبحاثهم حول الحصول على الماء من الأوكسجين والهيدروجين. فعاد لاڤوازييه في الحال إِلى مخبره وكرّر التجربة، بل ذهب أكثر من ذلك، وتحرّك بعكسها، فسخَّن البخار للحصول على الأوكسجين والهيدروجين. ونشر النتيجة سريعاً مدعياً أولية الاكتشاف. ومن المفهوم أن هذا سبَّب غضباً شديداً. ولكن المعلومة الهامة كانت أن الماء لم يكن عنصراً كما اعتُقد سابقاً، ولكنه اتحاد بين الأوكسجين والهيدروجين (أَو «مولد الماء» التسمية التي صاغها لاڤوازييه). وأخيراً انهارت نظرية العناصر الأربعة وشيء آخر كان ينبغي أن يأخذ مكانها. لقد وَفَّر لنا لاڤوازييه ذلك النظام الجديد، وخاصة الكيمياء الحديثة، التي تتكون من عدة عناصر، منها الأوكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكربون والفوسفور، التي يمكن أن تتحد بطرائق مختلفة لتشكل مُركَّبات، يمكن أن تكون صلبة أَو سائلة أَو غازية، حسب طبيعتها وشروطها.

كان إسهام لاڤوازييه الرئيسي قياسه بدقة التغير بالوزن واستعماله مبدأ بقاء المادّة ـ أي بغضّ النظر عما تفعل للشيء فإن وزنه لن يتغيّر (طالما أن المادّة لا تتسرّب). وقبل التقدّم العلمي المفاجئ الذي قام به لاڤوازييه، لم يكن واضحاً حول ما إذا كان يمكن للمادّة أن تظهر أَو تختفي خلال تفاعل أَو تحوّل. برهن لاڤوازييه بالوزن أن المادّة

بقيت على حالها خلال تفاعل، وصاغ بوضوح مبدأ بقاء المادّة: لا تُخلق المادّة ولا تُعدم. واستخدم هذا المبدأ ليتابع أين تذهب المادّة في سلسلة من التفاعلات. وبسبب مبدأ لاڤوازييه، ساهم التطور المعاصر للوزن في تطوير الكيمياء، كما ساهم المجهر في تقدّم البيولوجيا. كما زوَّدنا برموز علمية للمواد الكيميائية، ولا تزال تستعمل حتى يومنا هذا. وأدّت كل هذه التغيرات إلى الثورة العلمية التي حوّلت الكيمياء القديمة إلى الكيمياء الحديثة. وتَبنَّت أوروبا بكاملها النظام الجديد بسرعة ورفضه فقط قلة عنيدة من أنصار نظرية فلوجيستون، ومنهم، على نحو غير مفاجئ، بريستلي. أما حبل الودّ فلم ينقطع بين هذين العالِمين العظيمين. فقد اعتبر بريستلي، وهو العالم التجريبي، نظريات لاڤوازييه «أسراب من مبتكرات الخيال» بينما وصف لاڤوازييه، وهو الباحث النظري، أبحاث بريستلي «نسيج حيك من تجارب قليلاً ما يُعترض عليها بأي حجج أَو براهين».

انتقل بريستلي إِلى بيرمنغهام Birmingham سنة 1780 وانضم إِلى الجمعية القمرية، وهي رابطة من المبتكرين والعلماء ومنهم جيمس وات James Watt وماثيو بولتون Mathew Boultonn وجوسيا ويدجوود Josiah Wedgwood (مهندس ومُصَنِّع قدور فخارية) وإراسموس داروين Erasmus Darwin (شاعر وعالم بالتاريخ الطبيعي وجد تشارلز). وفي سنة 1791 نُهِبتْ كنيسة بريستلي وبيته من قبل الغوغاء الذين أغضبهم تأييده للثورة الفرنسية. فهرب إِلى لندن. وفي سنة

1794، وهو في الحادي والستين من عمره، هاجر إِلى أمريكا واستقر في بينسلفانيا وأصبح واحداً من أوائل العلماء البارزين في العالم الجديد.

ثم شكّل لافوازييه فريقاً مع بيير ـ سيمون دو لابلاس Pierre - Simon de Laplace وهو من أعظم علماء الرياضيات في فرنسا. أرادا أن يبحثا في العلاقة بين الاحتراق والتنفس، فالاحتراق عملية يرافقها لهب عادة، كاحتراق شمعة مثلاً. أما التنفس فارتبط بكلمة نفخ أَو زفير. ولكن هذه العملية مرتبطة، كما اكتشف بالماضي، باستهلاك الأوكسجين وتشكيل ثاني أوكسيد الكربون. وهكذا أصبح التنفس يمثِّل عملية تبادل الأوكسجين مع الكائن الحي. فالاحتراق والتنفس يستهلكان الأوكسجين من الهواء ويحلان محل ثاني أوكسيد الكربون وكلاهما يشكِّلان حرارة. ولكن هل يستطيع تحول الأوكسجين إِلى ثاني أوكسيد الكربون بواسطة الحيوان الحي أن يُفَسِّر تشكيل الحرارة بطريقة رقمية؟ بعبارة أُخرى، هل كان التنفس حقاً احتراقاً ويفسّر الحرارة التي تشكلها الحيوانات؟ فقررا أن يقارنا تشكيل الحرارة وثاني أوكسيد الكربون في تنفس خنزير غينيا والفحم المحترق (فحم صاف). فابتكر لافوازييه ولوبلاس جهازاً حسّاساً لقياس تشكيل الحرارة، علماً أن الجهاز كان يعمل بصورة جيدة في الأيام التي تكون درجة حرارتها قريبة من درجة التجمد. وعندما ساءت الأمور في النهاية بصورة حسنة، وجدا أن احتراق الفحم وتنفس خنزير غينيا شكَّلا الحرارة نفسها من أجل كمية معلومة من ثاني أوكسيد الكربون.

وهكذا استنتجا أَن تشكّل حرارة تنفس الحيوان مردّه إِلى احتراق الفحم (من الطعام) في الحيوان، وأن التنفّس ما كان إِلاَّ احتراقاً بطيئاً. ومن هذه النتيجة كان لديهما الشجاعة أن يدعيا أن العملية الحيوية للكائن الحي كانت في الواقع مجرد تفاعل كيميائي. وقد كانا على صواب ـ بمقدار ضئيل.

وكان بريستلي يعمل ثانية بالنشاط نفسه. وبرهن أن الشموع والفئران دامت مدة أطول بخمسة أضعاف تقريباً، وهما في جرة مليئة بالأوكسجين بالمقارنة مع بقائهما في الهواء العادي. ويعود السبب إِلى أن الهواء العادي يتكون من خمس من الأوكسجين وأربعة أخماس من النيتروجين، وهو غاز لا يساعد على الحياة. وقال بريستلي عن الأوكسجين (إنه نقيض الفلوجيستون).

«إنه العنصر الموجود في الهواء الجوي الذي يساعد على الاحتراق وحياة الحيوان، وبواسطته يمكن أن تتشكّل معظم الحرارة الشديدة، وفي أنقى حالاته، يمكن للحيوانات أن تعيش خمسة أضعاف بقائها في الكمية المساوية من الهواء الجوي. وأثناء التنفس، جزء من هذا الهواء، بعد تجاوزه أغشية الرئتين، يتحد مع الدم وينقل إليه اللون الوردي. بينما يشكل الجزء الباقي من الهواء، بعد اتحاده مع مادة الفلوجيستون المنطلقة من الدم الخمري، هواءً متنوعاً».

ولكن إذا استهلكت كل حيوانات العالم باستمرار كميات كبيرة من الأوكسجين، فلماذا لا ينفذ أوكسجين الجو كما ينفذ في الجرة؟ اكتشف بريستلي Priestly أن النباتات تطلق كميات كبيرة من

الأوكسجين إذا تعرّضت للضوء، وقال بأن كل الأوكسجين الذي تستخدمه حيوانات العالم تشكّله النباتات. هذا الرأي صحيح تقريباً، لأن باكتيريا التفاعل الضوئي وطحالب البحار (المصنفة كنباتات كذلك) تساهم أيضاً في تشكيل الأوكسجين. وسوف يستغرق الأمر أكثر من ألفي سنة لكي ينفذ الأوكسجين، إذا توقفت النباتات عن تشكيل الأوكسجين. وهكذا نجد، أن الطعام الذي نأكله والأوكسجين الذي نتنفسه يأتي في النهاية من النباتات، وهذا يعني أن كل الطاقة تأتي من النباتات، التي بدورها تحصل على طاقتها من الشمس.

ولكن إذا كان تنفس الحيوانات نوعاً من الاحتراق، فأين يحدث الاحتراق داخل الحيوان؟ اعتقد لاڤوازييه ولابلاس أنه كان يحدث في الرئتين. لقد اعتقدا أن الفحم (والهيدروجين) المشتق من الطعام يصل إِلى الرئتين بواسطة الدم، وكان يحترق هنالك بالأوكسجين المستنشق، مشكلاً فضلات نفايات ثاني أوكسيد الكربون (والماء) ثم يخرج بالزفير، إضافة للحرارة التي كان الدم قد امتصها ووزعها لبقية أطراف الجسم. أما اعتقادهما أن التنفس كان عبارة عن احتراق الطعام باستخدام الأوكسجين فكان اعتقاداً صحيحاً. ولكنهما كانا مخطئين في اعتقادهما أن هذا الاحتراق كان يحدث في الرئتين. ودامت وجهة نظرهما لمدة خمسين سنة، علماً أن لاغرانج Lagrange، عالم الرياضيات الفرنسي الشهير، قال إن الاحتراق لا يمكن أن يحدث في الرئتين فقط، لأنه إذا أُطْلِقَتْ كل الحرارة هنالك، فإن الرئتين سوف تتحولان إِلى حجرة حارة. وافترض أن الدم كان يمتص الأوكسجين

وأن احتراق الطعام يحدث في الدم. لقد كان لهذه النظرية تأثيرها الكبير ونافست نظرية لافوازييه ولابلاس. ولكن في سنة 1850 اكتُشِفَ أن عضلة ضفدع، بعد انفصالها عن الجسم، كانت ما تزال تمتص الأوكسجين مطلقة ثاني أوكسيد الكربون. واكتُشِفَ كذلك أن الكبد والكلى والدماغ وكل أنسجة الجسم الأُخرى تفعل الأمر نفسه. وفي سنة 1870 وبعدها ببضع سنين، ظهر بوضوح أن دور الدم كان فقط لنقل الأوكسجين من الرئتين إِلى الأنسجة حيث كان يحدث التنفس داخل الخلية، ثم يعيد الدم ثاني أوكسيد الكربون الذي تشكل للرئتين. إن تغيّر لون الدم من أسود ضارب للزرقة إِلى أحمر عند مروره خلال الرئتين كان سببه يعود إِلى مكون وحيد للدم، وهو الهيموغلوبين، الذي كان يمتص الأوكسجين. كان الهيموغلوبين يحمل أوكسجين الدم: كان يلتقط أوكسجين الرئتين (متغيراً من الأزرق إِلى الأحمر) ثم يحمله إِلى الأنسجة، حيث كان يطلق الأوكسجين (متغيراً ثانية من الأحمر إِلى الأزرق) وهكذا كان يحدث التنفس (أَو الاحتراق) ليس في الرئتين ولكن في جميع أطراف الجسم.

ولكن الأمر كان ما يزال غير واضح حول علاقات التنفس، إذا كان هنالك علاقات، وتشكل الحرارة العائدة له، بالحياة وعملياتها أمثال الحركة والعمل والتفكير. لقد بيَّن لافوازييه وسيغوين Séguin، مساعده، (مستخدمين سيغوين كشخص تجرى عليه التجربة) أن التنفس ازداد أثناء العمل وبعد وجبة الطعام وفي البرد وعند التفكير

العميق. وهكذا ظهر أن هنالك علاقة بين التنفس وعمل وظائف الأعضاء. ولكن من الصعب أن نتخيّل حجم استهلاك الأوكسجين أَو الحرارة التي يمكن أن تسبِّب تحريك ذراع، ناهيك عن إمعان النظر بالأفكار العظيمة. ولتضييق تلك الفجوة الفكرية، احتاج الأمر أن تتخيل شيئاً جديداً كلياً، وكان ذلك الشيء «الطاقة».

القوة الحيوية

كشف انهيار نظرية العناصر الأربعة عن وفرة من المادّة. فإذا كان «الهواء» مزيجاً من عدة غازات، فقد كان «الماء» ناتجاً من اتحاد الهيدروجين والأوكسجين. ولم تكن «النار» عنصراً على الإطلاق. وماذا كان «التراب» يا ترى؟ علم الكيمياء الذي تكون حديثاً وبدأ بجرأة في بداية القرن التاسع عشر، كان يتوق شوقاً لمعرفة إمكانية تقسيم «التراب» إلى آلاف «من الأنواع» المختلفة. إن مفهوم الأنواع والفصائل قد استُخدِم بنجاح من قبل لينايوس Linnaeus في القرن الثامن عشر لينظم التصنيف البيولوجي. ولكن ماذا كانت لبنات البناء وكيف كان ينبغي أن تُنظم؟

أعاد لاڤوازييه صياغة نظرية العناصر، ولذلك كان هنالك على الأقل ثلاثين عنصراً مختلفاً (الآن، نعرف مئة تقريباً) موجودة «كذرات» ابتدائية غير قابلة للانقسام (كما قال دالتون Dalton سنة 1808) ومتحدة بنسبة ثابتة لتشكِّل «جزيئات»، وقَسَّم الكيميائيون مهمتهم بين تحليل المادّة غير العضوية والمادّة العضوية (أَو المنظمة)

أما المادّة العضوية فهي مكونات أَو نتاج الكائنات الحية. وتَعامَل الكيميائيون القدماء مع المادّة العضوية كما لو كانت مادّة وحيدة أَو عدداً قليلاً من العناصر، فمثلاً، عالجوا نتاج تقطير البيض أَو البول كمادة مفردة. وبدأ الكيميائيون بتحليل مكونات البيض والبول مستخدمين وسائل جديدة للتحليل العضوي. وكان لافوازييه أول من أبدع تحليلاً كهذا، وذلك بحرق مركبات عضوية في جِرارٍ مليئة بالأوكسجين، ثم جَمْعِ الكربون كثاني أوكسيد للكربون والهيدروجين كالماء. وبقياس كمية الكربون C والهيدروجين H والأوكسجين O فإن صيغة المركب يمكن أن تُسجل الآن. هنالك من اعتقد أن صيغة النشاء مثلاً هي C12 H10 O10 وكانت صيغة غير صحيحة، وكانت قد نشأت من فكرة خاطئة قالت إن الماء كان HO وليس H2O. ولكن هذه الوسائل تطورت بسرعة وَطَبَّقها بحماسة الكثير من الكيميائيين الألمان وخاصة لايبيغ Liebig ووهلر Wöhler. وفي سنة 1835 كتب ووهلر: «تبدو لي الكيمياء العضوية كغاية بدائية في المناطق الاستوائية مليئة بأروع الأشياء». على كل حال، لم يفهم هؤلاء الكيميائيون البيولوجيون المتفائلون الأوائل التعقيد الكامل والرقعة المترامية الأطراف لمجالهم الجديد. أما الآن فهنالك من يعتقد أنه يمكن أن يوجد خمسة ملايين من المركبات العضوية المختلفة في الجسم البشري، ويمكن أن تُنظم هذه المركبات في عدد غير محدود تقريباً من الطرائق المختلفة.

لقد أصبحت ألمانيا في القرن التاسع عشر، وقبل أن تتوحد،

مركزاً كبيراً للمبتكرات العلمية والتكنولوجية، كما برزت الحركة الرومانسية في ألمانيا في أواخر القرن الثامن عشر وقدَّمت لنا فلسفة علمية عُرفت باسم فلسفة الطبيعة Naturphilosphie، وربما ظهرت الرومانسية على نحو ما رَداً على نهوض العلم والمذهب الصناعي. ولكن هذا النتاج الهجين العجيب من الفلسفة الرومانسية والعلم، أدَّى إِلى ظهور جديد من الاهتمام بالقوة الحيوية والعلاقات بين القوى.

لقد هيمن جستوس ڤون لايبيغ Justus von Liebig (1803 ـ 1873) على الكيمياء الألمانية والكيمياء البيولوجية في القرن التاسع عشر، وأحياناً كان يسبِّب ضرراً للبيولوجيا. كان ابناً لتاجرٍ يبيع العقاقير والأصبغة والزيوت والمواد الكيماوية، واكتسب اهتماماً في الكيمياء من خلال مساعدته لأبيه. وكان أداؤه في المدرسة سيئاً. وسخر منه البعض عندما أحب مهنته الكيمياء. كما تعلّم صناعة المتفجرات من مهرِّجٍ متنقل. وأنهى تدريبه في الصيدلة عندما فجَّر عن غير قصد مخبرِ الصيدلة. فأرسله والده إِلى الجامعة ليدرس الكيمياء، ولكن سرعان ما قُبض عليه، وأُعيد لبيته بعد أن تورط كثيراً في المناورات السياسية الطلابية. وبطريقة أَو بأُخرى تمكّن في النهاية من الحصول على شهادة الدكتوراه وذهب ليعمل في باريس مع واحد من أفضل الكيميائيين الفرنسيين في عصره وهو جوزيف غيه ـ لوساك Joseph Gay-Lussac وفي العشرينيات من القرن التاسع عشر، شَغَل منصباً في جامعة ألمانية صغيرة في غايسن Giessen وخلال خمس وعشرين سنة تلت قَدَّمَ مقداراً وافراً من المعلومات الكيميائية التي يمكن إثباتها

والتحقق منها. وعلى كل حال، لم يأت ڤون لايبيغ بهذه المعلومات وحده، وإنما أتى بفريق بحثٍ كوسيلة على الطريقة الصناعية، لتقديم النتائج العلمية. فعيَّن العلماء الناشئين كضبّاط، وعيَّن الطلاّب كجنود مشاة، وعَيّن نفسه قائداً حازماً بيده كل السلطات. وقد كان هذا النوع من فريق البحث ناجحاً في إنتاج الكثير من الأبحاث المطلوبة في العالم الصناعي واستعمله الكثير على نطاق واسع، وبقي الأسلوب الرئيسي لإنتاج الأبحاث العلمية حتى اليوم. وهذا يختلف اختلافاً بيناً عن نظام ما قبل العصر الصناعي الذي كان يعتمد على عالِم وحيدٍ يفكِّر بتجارب وينفّذها وحده بمساعدة أحد أَو بدون مساعدةً. كان ڤون لايبيغ Von Liebig متكبراً ومولعاً بالجدل وكان له نزاعات شديدة مع العلماء الآخرين. وأوصله نجاحه إِلى نفوذ كبير وذلك من خلال هيمنته على المجلات العلمية والتوظيف والجمعيات. وما أشبه اليوم بالأمس. فالعلم اليوم يهيمن عليه عدد قليل نسبياً من سياسيي العلم الذين يتحكمون بمجالس الجمعيات العلمية والمجلات والمؤتمرات والهيئات التي تقدم المنح ومجالس التوظيف. ولا يزال يعتمد النجاح في المهنة العلمية، على نحو ما، على كسب إحسان العلماء السياسيين.

ڤون لايبيغ بدأ عملاً مذهلاً من أجل تحليل الملايين من مركبات مختلفة من العناصر ـ الجزيئات ـ التي تكوِّن الكائن البشري. وهنالك من أدخل نوعاً من النظام إِلى هذه الفوضى وذلك بالتمييز بين ثلاثة أنواع من الجزيئات: الكاربوهيدرات، والدسم، والبروتين. وفي

البداية ظن البعض أن هذه الجزيئات «العضوية» يمكن أن تُنْتجها الكائنات الحية، مستخدمة نوعاً من القوة الحيوية. ولكن في سنة 1828 وجد فريدريك ووهلر Friedrich Wöhler ـ صديق وزميل ڤون لايبيغ في العمل ـ أنّه يستطيع أن يصطنع البولة (مركب هام في البول) دون استخدام أي عمليات حية. ولكن سوف يؤدي هذا في النهاية إلى ذوبان الحدود بين ما هو حي وما هو غير حي، ولكن ليس بعد.

على الرغم من أن ڤون لايبيغ برهن أن الكائنات الحية كانت مكونة من عدد كبير من المواد الكيميائية العضوية، إلاَّ أنه اعتقد أن «قوة حيوية» كانت ضرورية لمنع هذه المواد الكيميائية المعقدة من التحلّل أَو التفكّك تلقائياً. وقد توصّل لهذا الاستنتاج، لأنه، في حالة غياب الحياة، لم تتفكّك بالتأكسد (الاتحاد مع الأوكسجين كما في حالة الاحتراق) أَو التعفن (كما يحدث للحم بعد الموت) أَو التخمر (تحول السكر إِلى كحول) وكان مفهوم ڤون لايبيغ عن القوة الحيوية أنها مشابهة للقوى الطبيعية كالجاذبية أَو القوة الكهربائية، ولكنها كانت موجودة فقط في الكائنات الحية. وقاومت القوة الحيوية في الجسم الحي عمل القوى الكيميائية (التي تسبب التأكسد أَو التعفن أَو التخمّر) وهكذا تمنع تفسخ الجسم الذي يكون واضحاً تماماً بعد الموت. وادعى ڤون لايبيغ كذلك أن القوة الحيوية كانت تسبِّب تقلص العضلات لأنه اعتقد أنّه لا يمكن أن يكون هنالك طريقة أُخرى تفسِّر سيطرة العقل على العضلات. فإذا تقلصت عضلة فهذا يعني أن قوة حيوية قد استُهلكت لكي تزود التقلص بالطاقة. وبالتالي، كان

هنالك، بعد التقلّص مباشرة، قوة حيوية أقل لتقاوم تفسخ (تأكسد) المواد الكيميائية في العضلة، الذي تسارع بزيادة مترافقة في التنفس. لقد كانت تعمل القوة الحيوية كمكبح للقوى الكيميائية، وعندما استُهلِكت بسبب التقلّص العضلي، فإن القوى الكيميائية تسارعت. وهذه الفكرة مشابهة لقصة بيتر الشهيرة، الفتى الهولندي الصغير الذي أدخل إصبعه في سد كان يتسرب منه ماؤه، ليمنع البحر من جرف الحقول والمدينة (تماماً كما منعت القوة الحيوية القوى الكيميائية من أن تأكل الجسم). لقد استُعمل هذا الفهم الخاطئ لتفسير الاكتشاف الهام لكل من لاڤوازييه Lavoisier وسيغوين Séguin الذي قال إن التنفس (أي استهلاك الأوكسجين لتشكيل ثاني أوكسيد الكربون والحرارة) يزداد إذا قام إنسان أو حيوان بعمل أَو تمرين. ومع أن فهم لايبيغ عن القوة الحيوية كان شكلاً من الحيوية، إِلاَّ أنّه كان حسب عرف أرسطو وباراسيلسوس وستاهل أكثر ميكانيكية في احتكامه إِلى قوى نيوتون، ويؤذن بمفهوم الطاقة التي تشكلت في منتصف القرن التاسع عشر.

عارض ثيودور شوان Theodor Schwann (1810 ـ 1882) رأي ڤون لايبيغ Von Liebig في أن كل شيء يمكن تفسيره بالكيمياء وبالقوة الحيوية. وكانت المناوشة فاجعة لأن شوان كان حساساً لم يُوَطِّد نفسه وقتها. ودام نتاج شوان فقط أربع سنوات (1834 ـ 1838) بينما كان في العشرينيات. ولكن كان ذلك كافياً لِيبدأ إعادة تنظيم البيولوجيا على نحو جوهري كما حدث لكيمياء لاڤوازييه. وحاول

شوان أولاً أن يفصلَ عضلة من ضفدع ويقيسَ القوة التي تَنْتُجُ عن العضلة المتقلصة عندما تُثَبَّتُ عند أطراف مختلفة أَو تُشَدُّ بأوزان مختلفة. فوجد أن العضلة تقلصت بالقوة القصوى عندما كانت بطولها الطبيعي في الجسم. وفي ألمانيا هنالك من اعتقد أن تلك التجارب كانت عظيمة إِلى حد بالغ، لأنه ولأول مرة تحقَّقت عملية حيوية بواسطة القوة الحيوية، تُعَالَجُ وتُقَاسُ بنفس الطريقة التي تُعالجُ وتُقاسُ بها القوة الطبيعية. وهكذا أصبح الآن من الممكن أن يُقَدِّموا تفسيراً طبيعياً عن العمليات الحيوية أَو إخضاعها إِلى القوى الطبيعية. ولم يُرضِ هذا الأسلوب ڤون لايبيغ وأنصار القوة الحيوية الآخرين. وبالفعل استخدم ماير Mayer تجربة شوان بصورة واضحة ليدحض رأي لايبيغ عن تقلّص العضلات.

أما إنجاز شوان التالي فكان عزل أنزيمة، كان قد سمّاها بيبسين، عن العصارات الهاضمة. والأنزيمة مادة بيولوجية موجودة بكميات ضئيلة تنشط التفاعل الكيميائي دون أن تتحوّل هي بالتفاعل. ولكن الأنزيمة فكرة ظهرت في القرن العشرين. وفي القرن التاسع عشر هنالك من سَمَّى الأنزيمة والبيبسين الخمائر. أما بالنسبة للكيميائيين القدماء، فكانت الخميرة كمية ضئيلة من مادة فعالة، إذا أضيفت إِلى مادة غير فعالة، فإنّها تستطيع أن تحوّلها إِلى مادّة فعَّالة مشابهة للخميرة. فمثلاً كانت النار الخميرة التي تحول المواد القابلة للالتهاب إِلى لهب. وكان حجر الفلاسفة الخميرة التي تحول المعادن الخسيسة إِلى ذهب. والتخمير هو العملية المسؤولة عن تحويل العجين الذي

يشكِّل الخبز، وتحويل العنب إِلى كحول ثم خلّ. وقد عُرف هذا التحول السحري المظهر منذ العصور القديمة. ولكن كيف حدث هذا تماماً فهو أمر كان غير واضح. ولكن كان معروفاً أن التحول يحتاج خميرة دعيت باسم ييست. وبعد أن اكتشف ڤون لايبيغ الخميرة في العصارة الهضمية، استنتج شوان أن الهضم كان نوعاً من التخمّر. ومن جهة أُخرى، اعتبر ڤون لايبيغ والكيميائيون الآخرون الهضم عملية كيميائية صرفة وذلك بسبب الأحماض المضافة إِلى الطعام. ولذلك عندما نشر شوان نتائجه في مجلة ڤون لايبيغ، أضاف لايبيغ ملاحظة تقوم على الشك فيما يتعلّق ببحثه.

ثم التفت شوان إِلى طبيعة التخمر ذاته: وهو أحد المشاكل العلمية الرئيسية والتكنولوجية في القرن التاسع عشر. وكان ڤون لايبيغ وكيميائيون آخرون يعتقدون أن التخمر كان مسألة كيميائية صرفة ولا يشتمل على أي كائنات أَو عمليات بيولوجية. أما شوان وباحثان آخران فقد اكتشفا أَن التخمّر كان عملية بيولوجية يسبِّبها الفطر ـ ييست ـ الذي يمكن أن تُشاهد خلاياه من خلال المجهر كما يمكن أن يُقضى عليها بالغلي. وبيَّن شوان كذلك أن تعفّن أَو تفسخ اللحم يمكن أن يُبَطَّأ بتسخين اللحم أَو تغليفه بإحكام. وأغضب هذا التقدم البيولوجي المفاجئ الكيميائيين الذين سرعان ما ثأروا لأنفسهم. ففي غضون ذلك باشر شوان بدراسة مجهرية لدور الخلايا في النمو الحيواني وفي البيولوجيا عموماً. فأتى «بنظرية الخلايا» ونشرها سنة 1839 فأحدثت تغييراً بالطريقة التي كان يُنْظَرُ بواسطتها إِلى الجسم.

ومنذ نظرية الأخلاط الأربعة، كان هنالك من يعتقد أن المكونات الهامة هي السوائل والهواء: الدم، والبلغم، والصفراء، والبول، والسائل المنوي، والسائل الفقري، والدماغي، والنَّفْس. وكانت المواقع الهامة في الجسم عبارة عن فجوات (للقلب، والرئتين، والدماغ، والأحشاء، والأوعية الدموية) حيث كانت الحياة تتجلَّى في الحركات المضطربة للسوائل والهواء. كما اعتبروا الأجزاء الصلبة عموماً (اللحم) أجزاءاً هيكلية وربما لأن صلابتها وانعدام حركتها كانت أموراً تنم عن عدم علاقتها بالتغيير أَو التحويل. ولذلك كان من الصعب معرفة كيف يمكن أن يكون لها علاقة بالعمليات الحيوية. ولكن شوان غَيَّر كل ذلك وبَيَّن أن الأنسجة كانت مكونة من خلايا وأن معظم العمليات الحيوية كانت تحدث داخل الخلية. ولم تكن الخلايا بُنْيَةً ساكنة أَو جامدة، فلها حياتها الخاصة بها. فكانت تنمو وتتكاثر وتتحوّل إِلى أشكال مختلفة وتموت. والأهم من هذا كله أن القدرة التي تسبِّب هذا التغيير كانت تقع في الخلية ذاتها، وليس في محيطها. وسَمّى شوان هذه القدرة «الاستقلاب» وهي كلمة تعني التغيير باللغة الإغريقية. وكان الاستقلاب الواقع في الخلية مسؤولاً عن التخمّر الذي سَبَّبته مادة الييست، ومسؤولاً عن التَّنَفس وتكوين الحرارة التي تشكّلها كل الخلايا. وإذا كان من الواجب الكشف عن أسرار الحياة والطاقة، فعلى العلم الآن أن يتابع البحث في الخلية وليس دراسة الهواء الوهمي والقوى الحيوية الوهمية. ويتطلب هذا الأمر مفاهيم وأساليب جديدة كلياً.

كان روبرت هوك Robert Hooke أول من شاهد الخلايا وذلك في مطلع ظهور المجاهر. ولكن هوك Hooke شاهد فقط الخلايا الخشبية الكبيرة للنباتات. وكان من الأكثر صعوبة مشاهدة الخلايا الحيوانية لأنها كانت أصغر، وجدرانها (الأغشية) يصعب مشاهدتها. ولذلك لم تكن بُنْية النسيج الحيواني واضحة المعالم، وغالباً ما كانت توصف كألياف أَو «كريات صغيرة» وتقوم بوظيفة غير معروفة. واستفاد شوان من التقدّم العظيم في مجال البصريات المجهرية. واستعمل ذلك ليبرهن أن الخلايا لم تكن موجودة في كل أنحاء الجسم فقط وإنما كانت أساس تنظيم الجسم كذلك. وكانت كل خلايا الجسم مستمدة من خلايا غير ناضجة انقسمت وتميزت لتشكِّل أنواعاً مختلفة من الخلايا التي شَكَّلت المخلوقات الحية. فإذا كان هنالك أساس حيوي، فيجب أن يكون، كما اعتقد شوان، في الخلية لأن كل العمليات الأساسية، كالتكاثر والنمو والتَّنَفُس كانت تجري في خلايا خاصة ومتميزة عن غيرها. وقدّر شوان إمكانية القوة الحيوية أكثر وأكثر، وظنّ أن كل خصائص الخلايا يمكن أن تفسّر بالبنية والحركة الطبيعية للجزيء. لقد كان ذلك تبصراً هاماً ومؤثراً وبَشَّرَ بالانفجار المذهل لبيولوجيا الخلية والجزيء في القرن العشرين. ومع أن شوان كان شديد التدين إلاَّ أنه حاول أن يبرهن أن مفهوم القوة الحيوية غير ضروري إطلاقاً، مُنْكِراً بذلك الإنجاز العظيم للَّه في خلق الكون وقواه الطبيعية. وكانت كل تلك الأمور ضرورية لخلق الحياة.

لم يحصل شوان Schwann على الجواب الشافي عن كيفية تجديد

الخلايا للحياة. ولكنه كان قد وجد دلائل هامة في فكرته عن «الاستقلاب» وفي اكتشافه أن سبب الهضم يعود إِلى مادة البيبسين. وهنالك من ظن أن مادة البيبسين كانت خميرة، ولكن في نهاية القرن التاسع عشر، اكتشف البعض أن تلك الخمائر كانت تتكون من جُزيئات بيولوجية خاصة وتُدعى الآن «أنزيمات». والأنزيمات عبارة عن جزيئات سحرية داخل الخلية وتسبِّب، في الواقع، «تغيّر» الاستقلاب. والأنزيمات مكونة من البروتين، وتؤثِّر على المواد الكيميائية والبنية داخل وخارج الخلية وتُغَيِّرها من شكل لآخر. فمثلاً، تُجزِّئ مادة البيبسين البروتينات إِلى أجزاء دون أن تتجزأ هي. وكل نوع من الأنزيمات يمكن أن يسبِّب نوعاً واحداً من التحوّل، علماً أن هنالك حوالي 10000 نوع من الأنزيمات في الخلية. وكأن هذه الأنزيمات كيميائيون يعملون داخل الخلية. وكل جزيء أنزيمة يُنْظَرُ إليه كأنه جزيئية مصمّمة على نحو متقن ودقيق. نقول آلات لأنها بنية مصمَّمة لتؤدي مهمة محددة وَتُحَوِّل الأشياء بالتفاعل الطبيعي معها. وجزيئية لأنها تتكون من جزيئات خاصة. وهنالك من يعتبر الأنزيمات والآلات الجزيئية الأُخرى للخلية محركات الحياة.

وأول اكتشاف للأنزيمات كان داخل مادّة اليبست. وتعني كلمة أنزيمة «في اليبست». هذا، وكان شوان Schwann وآخرون قد بَيَّنوا أن سبب التخمّر يعود إِلى خلايا اليبست، إِلاَّ أن هذا الاكتشاف سخر منه ڤون لايبيغ والكيميائيون، وحل محله نظرية كيميائية غامضة وضعها ڤون لايبيغ Von Liebig وهكذا فإن النظرية البيولوجية عن

التخمر (أن سببه يعود إِلى الخلايا الحية وليس إِلى المواد الكيميائية الميتة) كان ينبغي أن تُعاد صياغتها في آخر القرن من قبل لويس باستور Louis Pasteur. ولم يتمكن باستور على كل حال من فصل «الخميرة» من خلايا الييست، الخميرة التي يمكن أن تؤدي إِلى تخمر عصير العنب وتحوّله إِلى خلّ، في غياب الخلايا الحية. وهكذا لم يكن واضحاً فيما إذا كان التخمّر عملية حيوية فعلاً، وتحدث فقط في الخلايا الحية. وكان ذلك أمراً حاسماً، لأنه إذا كانت العمليات الفرعية للحياة، كتحوّل المواد الكيميائية مثلاً، لا يمكن لها أن تحدث في معزل عن الخلية الحية، فهذا كان يعني أن هنالك قوة حيوية ما مشاركة في العمليات الحيوية وبلغة عملية، كان ذلك يعني أن العلم لن ينفذ إِلى أعماق الخلية، لأن العمليات الخاصة لا يمكن أن تُدرس منعزلة. وتُرك الأمر إِلى بَتْشنَر Buchner في نهاية القرن لكي يحلِّل أخيراً بنجاح خلايا الييست وأن يعزل شيئاً ما (مجموعة من الأنزيمات) التي يمكن أن تسبِّب التخمّر في غياب خلايا ييست الحية، وهو الحدث الذي يميِّز البداية الحقيقة للكيمياء العضوية، لأنه، إِلى حد ما، قضى على مفهوم القوة الحيوية، ولأن العلم، إِلى حد كبير، قد اقتحم أخيراً الخلية وتمكّن من أن يدرس الحياة على مستوى الجزيء.

كانَ شوان Schwann قد عارض آراء ڤون لايبيغ والكيميائيين الآخرين حول كل شيء في الواقع: دور البيولوجيا وليس الكيمياء في الهضم، والتخمّر والتعفن والاستقلاب وبنية النسيج ووظيفة العضلات

والقوة الحيوية. وبدأ الكيميائيون، وقد ضايقتهم هذه الوثبة المفاجئة، يتهجمون ويهجون في مقالتهم آراء «البيولوجيين» حول التخمّر. وسخرت هذه المقالة، التي وضع مخططها ووهلر Wӧhler وملأها ڤون لايبيغ بالنقد اللاذع عن نظرية شوان وغيره حول الخلية واصفاً إيَّاها بقسوة ومشبهاً الخلية بدورق التقطير ولها فم كبير ومعدة تَتَجَرَّع عصير العنب وَتَتَجَشَّأ الغازات والكحول. وهكذا تحطمت مصداقية شوان Schwann وفقد وظيفته ومُنع من الحصول على وظيفة أكاديمية أُخرى في ألمانيا، فهرب إلى منفاه في بلجيكا. وهناك حصل على وظيفة في الجامعة الكاثوليكية في لوڤين، حيث أمضى وقته في تدريس التشريح. ولم يَقم بأي بحث بيولوجي هام ثانية خافضاً رأسه وراء المتراس. وهيمن الكيميائيون على الساحة مرة أُخرى في ألمانيا. ولكن كان للتجارب التي قام بها شوان Schwann والكتاب الذي ألَّفه خلال سنواته الأربع من البحث الفعَّال الأثر البالغ، وكذلك إلى اختفاء هيمنة ڤون لايبيغ Von Liebig وتحول البيولوجيا في آخر الأمر. وعارض ڤون لايبيغ باستور Pasteur علناً. ولكن بعد ثلاثين سنة من الإنكار، كان عليه أن يَعترف في النهاية أنه كان مخطئاً حول الأساس البيولوجي للتخمّر. ومن المحتمل أن ضغوط النزاع وهزيمته في النهاية أدَّى سريعاً إلى موته. وماتت فكرة القوة الحيوية معه، ولكن لِتُبْعَث من جديد على شكل «طاقة».

لقد فهمنا درسنا عن «الكيمياء» الآن. وأصبحنا نعرف أن الحياة لا تخلقها الأرواح المستمدة من الهواء لكي تدفع أَو تسحب آلة

جسمنا، وإنما هي عنصر من الهواء، وهو الأوكسجين، يتحد مع جزيئات من الطعام داخل خلايا الجسم مشكِّلاً شيئاً يستطيع دفع أجسامنا وعقولنا للعمل والحركة. وهكذا أصبح المسرح مهيئاً لاكتشاف الطاقة.

مولد الطاقة

كان المفهوم العلمي الحديث عن الطاقة اكتشافاً من اكتشافات منتصف القرن التاسع عشر. فالطاقة طفل أنجبته الثورة الصناعية: ووالده المحرِّك البخاري القوي، ووالدته الجسم البشري ذاته بكل طبيعته المذهلة، وأجداده أرواح غير مادية من النَّفَس والهواء. هذا، وقد ساعد على تطور هذا المفهوم مجموعة مدهشة من المهندسين والأطباء والرياضيين والفيزيولوجيين والفيزيائيين، إضافة إِلى مجموعة مساندة قوية من الجنود والبحارة وكذلك المسؤولين الذين يتعذّر اجتنابهم. وللمفهوم العلمي للطاقة اليوم مظهر خشن من القوى الباردة ورياضيات صارمة، ولكن قلبها أكثر ليناً وجاذبية عاكساً بداياتها البيولوجية المرتبطة بالقوى الحيوية والأرواح الجامحة.

يبدأ الميراث الميكانيكي للطاقة مع ابتكار واط Watt للمحرِّك البخاري في القرن الثامن عشر. وينتج المحرك البخاري عملاً (حركة مقابل قوة) من الحرارة. وهو أمر لم يكن ممكناً في الماضي إطلاقاً. ولكن كيف؟ هل تتحوّل الحرارة بطريقة أَو بأُخرى إِلى عمل أم هل جريان الحرارة من السخونة إِلى البرودة يحرِّك العمل كما يحرِّك

جريان الماء في الجدول طاحونة الماء؟ اعتقد سادي كارنوت Sadi Carnot (1796 ـ 1832) أن المثال الثاني كان صحيحاً بل نصف صحيح. كان والد كارنوت وزيراً للحرب في حكومة نابليون. وحارب سادي Sadi دفاعاً عن باريس سنة 1814. وهُزمت جيوش نابليون هزيمة شاملة واستسلمت على نحو مُذل، الأمر الذي وجه أفكار كارنوت Carnot إلى مصدر وحيد لقوة إنكلترا النامية: وهي المحرِّك البخاري لجيمس واط James Watt. وأوحى المحرِّك بأنّه قوة غير محدودة من الهواء الساخن والبخار فقط. أما الآلات الغريبة المعقدة في أوائل القرن التاسع عشر فلم تكن تُنَفِّذُ ما كانت تَعِد به. وأراد كارنوت أن يُحَسِّنَ كفاءة المحركات البخارية. ولكن لم يكن هنالك نظرية جيدة حول كيفية عملها في الواقع. وهكذا أنتج كارنوت Carnot محرِّكاً حسب مفهوم لافوازييه Lavoisier عن الحرارة. وكان لافوازييه قد نَبَذَ نظرية فلوجيستون عن الاحتراق وحلّ محلها نظرية مشابهة: هي نظرية الكالوري عن الحرارة. وكانت الحرارة، كما قال لافوازييه، مادّة سائلة عديمة الكتلة تدعى «كالوري» واعتبرها واحدة من العناصر كالأوكسجين والفوسفور. ولم تكن نظرية الكالوري صحيحة ولكن تراثها سيبقى في فصلنا عن الطاقة الحرارية: أي الكالوري. وإذا كانت الحرارة، كما ظن كارنوت، سائلاً لا يمكن تحطيمه، إذاً لا بد أن يكون المحرِّك البخاري يعمل بجريان الحرارة من مصدر ساخن (المرجل) إلى مصرف بارد (المكثف)، تماماً كما يدفع تدفق الماء دولاب الطاحونة. وحسب اكتشافه الهام، لا بد أن

يكون هنالك اختلاف حراري كبير لكي يجعل الحرارة تجري وأن يكون هنالك علاقة كمية بين جريان الحرارة ومردود الطاقة للمحرِّك، الذي يمكن أن يُستعمل لنتنبأ بفعالية تحويل الفحم إِلى عمل.

وبُنِيتْ نظرية كارنوت على خطأ لاڤوازييه الذي قال إن الحرارة لا يمكن تحطيمها. واكتشف هذا الخطأ جيمس جول (1818 ـ 1889) وهو رجل غني يملك مصنعاً للمشروب ومن مدينة مانشستر Manchester. قاس جول في مصنعه الحرارة الناتجة عن مرور الكهرباء في الماء. وأظهرت نتائجه أن الكهرباء قد تحوّلت إِلى حرارة، وكان ذلك أمراً مستحيلاً، إذا كانت الحرارة والكهرباء عبارة عن سائلين لا يمكن تحطيمهما. ولم يلتفت أعضاء الجمعية الملكية لنتائج بحثه. فعاد جول إِلى مصنعه وبدأ يقيس بدقّة الكمية الضئيلة للحرارة التي تتولّد بتدوير دواسات في الماء. وظهرت من هذه التجارب أن العمل يمكن أن يتحوّل كمياً إِلى حرارة. ورفضت مرة أُخرى الجمعية الملكية الحذرة نتائج جول واعتبرتها مستحيلة. واستبدت به فكرة البرهنة على رأيه، ولذلك، عندما كان يُمضي شهر العسل في سويسرا، تجاهل المواقف والمشاهد الرومانسية، وأمضى الكثير من وقته في سحب زوجته إِلى أعلى وأسفل شلال، محاولاً أن يقيس اختلاف الحرارة للماء بين أعلى الشلال وأسفله، وهي مهمة مستحيلة. وبدأ علماء آخرون، بالتدريج، الانتباه إِلى جول. فإذا كان العمل يمكن أن يُحوّل إِلى حرارة، إذاً، يمكن للحرارة أن تُصان، وأن تَتحول ثانية إِلى عمل.

ضايقت نتيجة جول المتطرفة، على وجه الخصوص، عالماً نضج مبكراً، وهو وليام تومسون William Thomson، الذي أصبح فيما بعد اللورد كيلڤِن Lord Kelvin (1824 ـ 1907). وكان كيلڤِن قد التحق بجامعة غلاسكو وهو في العاشرة من عمره، وأصبح أستاذاً جامعياً عندما كان في الثانية والعشرين من عمره، وتابع نشاطه الجدي في مجال الفيزياء النظرية. وكان له ميزة عملية قوية، كما كسب ثروة من ابتكاره للتلغراف. واستمع كيلڤن إِلى جول وهو يصف اكتشافاته في اجتماع علمي في مدينة أوكسفورد سنة 1847، وبعد ذلك رفض بشدة أن يقبل نتيجة أبحاث جول Joule التي قالت إن الحرارة والعمل أمران لا يقبلان الجدل مع فرضية كارنوت Carnot التي قالت إن الحرارة لا يمكن تحطيمها ولكن تدفقها كان يُسيِّر العمل. أما حل هذه المشكلة المحيرة فقد أدَّى إِلى ظهور قانونين على الكون أن «يطيعهما» وهما القانون الأول والثاني للديناميكية الحركية، وكل قانون منهما عبارة عن نتاج مشترك لعقول جول ومايَر وكيلڤِن وهيمهولتز وكلوسيوس Joule, Mayer, Kelvin, Helmholtz, Clausius وقال القانون الأول إن الحرارة والعمل (وأشكال أُخرى من الطاقة) أمران لا يقبلان الجدل ولكن الطاقة ذاتها غير قابلة للتحطيم. وقال القانون الثاني للديناميكية إن الطاقة لا يمكن تحطيمها في أي عملية تَحَوُّل بين أشكالها، إِلاَّ أنّها كانت تتبدّد إِلى أشكال أُخرى (وخاصة الحرارة) غير قادرة تماماً على القيام بالعمل. وهكذا، مع أن العمل يمكن أن يتحوّل كلياً إِلى حرارة، فإن الحرارة لا يمكن أن تتحوّل كلياً

إِلى عمل، والسبب، كما أشار كارنوت، أن جزءاً من الحرارة يجب أن يُطلق إِلى المصرف البارد حتى يمكن أن يستمر جريان الحرارة. وهذه الحرارة لا يمكن عندئذ أن تتحوّل للعمل. وكان القانون الثاني يعني أن كل الطاقة تتبدّد باستمرار إِلى حرارة. ولذلك، لا بدّ لهذا الكون المنظم بدقة متناهية أن يتبدّد في النهاية. إِلاَّ إذا كان هنالك شيء ما ـ أَو أحد ما ـ خارج الكون يمكن أن يشحنه بالطاقة مرة أُخرى.

بَيَّن القانون الأول أن الحياة لا يمكن أن تتحطم، الأمر الذي قاد إِلى بَعْث نظرية قديمة تقول إن الحرارة (وربما كل أشكال الطاقة) كانت أشكالاً خَفية من الحركة. فجزيئات الماء، في الماء الساخن، تتحرَّك بسرعة، بينما تتحرَّك الجزيئات ببطء في الماء البارد: وعندما يختلط الماء البارد والساخن معاً، تصطدم الجزيئات التي تتحرَّك بسرعة في الماء الساخن مع الجزيئات التي تتحرَّك ببطء في الماء البارد، الأمر الذي يُبَطِّئ الجزيئات السريعة ويُسَرِّع الجزيئات البطيئة فيشكِّل ذلك ماءً فاتراً. وهكذا نجد أن تحول الحرارة ما هو إِلاَّ تحول الحركة. أما التبادل بين كل أنواع القوى الطبيعية أثناء الانتشار العادي للطاقة، فقد أدَّى إِلى وحدة عظيمة للعلم الذي ظهر في أواخر القرن التاسع عشر، وهي وحدة كانت مفقودة في القرن الثامن عندما كانت الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والضوء والعمل أموراً مختلفة جميعها كما أنها دُرِستْ بعبارات مختلفة. وفي القرن التاسع عشر، ولأن هذه الأشكال الطبيعية المختلفة ظاهرياً يمكن أن تتحوّل

فيما بينها، فقد أصبحت تعتَبر مظاهر مختلفة لشيء واحد: وهو الطاقة. ولكن الطاقة لم تكن نوعاً من المادّة ولكن كانت حركة المادة أَو ترتيبها. وقد عزّز هذا المفهوم للطاقة آمال أتباع المذهب الميكانيكي الذين ظنوا أن بإمكانهم في النهاية أن يَصفوا كل شيء في الكون بلغة المادة أثناء الحركة. وهنالك من قال إن بداية مفهوم الطاقة يرجع، على نحو ما، إِلى علم المحاسبة الذي رافق نهضة التصنيع: من المؤكد تماماً أنّه كان للطاقة انتشار جديد في علم الفيزياء المتابع لمسار العمليات الميكانيكية. وقبل الخمسينيات من القرن التاسع عشر لم تكن الطاقة مفهوماً مفيداً في مجال العلم، ولكنها أصبحت بعد ذلك مفهوماً أساسياً. وعلى كل حال، دخلت كلمة «طاقة» اللغة الإنكليزية في القرن السادس عشر وكانت تَعني «قوة التعبير» ثم أصبحت تعني «قوة النشاط». وفي الأصل اشتُقت الكلمة من عبارة أرسطو energia التي كانت تعني الفعلية/ النشاط. وهذه الكلمة مشتقة بدورها من العبارة الإغريقية en التي تعني في/ بـ، وكذلك من كلمة ergon التي تعني العمل. أما اليوم فلكلمة طاقة وجود مفصوم وتعني شيئاً فنياً أَو شيئاً يمكن قياسه. ولكن لها معان مجازية أُخرى في المجتمع العريض.

لم ينشأ المفهوم العلمي للطاقة من الفيزياء فقط ولكن من البيولوجيا كذلك وبنفس الوقت أيضاً. وفي الواقع، اكتُشِف مبدأ بقاء الطاقة من قبل اثني عشر عالماً ولكن كان أول من صاغه الطبيبان ماير Mayer وهيلمهولتز Helmholtz مع الإشارة إِلى قوى الحياة. كان

روبرت ماير (1814 ـ 1878) طبيباً ألمانياً، ولكن لم تكن حياته سعيدة. وكان طالباً عادياً في المدرسة. قُبض عليه وطُرد من المدرسة بسبب انتسابه إِلى جمعية سرية. وفي النهاية، تخرَّج وعمل كطبيب على متن سفينة تسافر إِلى جزر الهند الشرقية. في ذلك الوقت، كان الأطباء يتبعون نصيحة أبقراط وغالين فيما يتعلّق بِفَصْدِ المرضى من أجل معالجة الكثير من الأمراض. وبينما كان يقوم بفصد البحارة في جزر الهند الشرقية، أصابه الذعر عندما رأى أن دم الأوردة كان أكثر احمراراً مما هو عليه عادة ومشابهاً تقريباً لدم الشرايين. وفي البداية أصابته الخشية وظن أنّه كان يثقب الشرايين خطأً. ولكن أكد له الأطباء المحليون أنه أمر طبيعي أن يكون الدم الوريدي أكثر احمراراً في المناطق الاستوائية مما هو عليه في المناطق الشمالية. أطلق هذا الأمر تفكير ماير. وكان يعرف أن لاڤوازييه قال إن وظيفة التنفس هي تشكيل حرارة للجسم، وكان يعلم كذلك أن تغيير دم الشرايين الأحمر إِلى دم الأوردة الأزرق كان سببه نزع الأوكسجين من الدم من أجل التنفس. ولذلك، فإن الدم الأكثر احمراراً في أوردة البحارة في المناطق الاستوائية يمكن أن يكون سببه تنفس أقل وتشكيل حرارة أقل. وهذا أمر معقول لأن الجسم احتاج أن يشكِّل حرارة أقل في المناطق الاستوائية منها في المناطق الشمالية الباردة. وكان يعرف كذلك أن لاڤوازييه قد بَيَّن أن الأشخاص الذين يقومون بعمل متعب كانوا يتنفسون بسرعة أكثر، ولكنه لم يُعطي تفسيراً مقنعاً عن نتيجة هذا البحث الهام. وقال ماير Mayer إن الوقود والحرارة والعمل

يمكن أن يتحوّل واحد منها إِلى الآخر. لذلك يمكن للعمل الذي يقوم به الأشخاص أن يُشَكِّل من الحرارة (كما هو الحال في المحرِّك البخاري) كما يمكن للحرارة بدورها أن تُشَكِّل بواسطة التنفس (حرق الطعام) ويحتاج لمزيد من العمل المزيد من الحرارة والتَّنَفُّس كما وجد لافوازييه وسيغوين Séguin بالتجربة. وهذا التفكير، مع أنه غير صحيح على نحو ما، كان يقترب بلا ريب من سر طاقة الحياة.

وعندما عاد ماير Mayer إِلى ألمانيا، وصف بتفصيل أفكاره في مقالة علمية، ولكن ذهنه كان مشوشاً فَنُبِذَتْ مقالته. وفي محاولة أُخرى، أرسل المقالة إِلى ڤون لايبيغ الذي نشرها سنة 1842. ولكن عندما نشر ڤون لايبيغ بعد قليل نظرية مشابهة لأَفكاره اتهمه ماير بانتحال آرائه. ولكن لم يكن من الحكمة بمكان معارضة ڤون لايبيغ القوي، كما كان يمكن أن يوافق على ذلك شوان Schwann. ودخل ماير إِلى مياه أكثر عمقاً كذلك عندما بدأ نزاعاً مع جول Joule حول أسبقية الشخص الذي فكَّر أولاً ببقاء الطاقة. ولكن ماير خسر كلا النزاعين وذلك بسبب مركزه الذي لم يتوطد بعد. وأصبحت كلمة «جول» وحدة قياس علمية للطاقة. وأصبحت كلمة «كيلڤن» وحدة قياس للحرارة. بينما لا يُشاهد اسم ماير في عالم الوحدات العلمية العملية. ومما يثير العطف، أنّه أصبح مكتئباً وأخذ يعاني من انهيار عقلي وحاول الانتحار.

لم تكن آراء ماير عن بقاء القوى عامة أَو مقدارية لتقنع معظم العلماء أن شيئاً هاماً قد اكتُشف. ولكن هذا الموقف قد تغيّر على

نحو مفاجئ على يدي الفِزيولوجي الألماني هيرمان ڤون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz (1821 ـ 1894) الذي كان في سنة 1847، في السادسة والعشرين من عمره، نشر مقالته الشهيرة «بقاء القوة» وأعطى هيلمهولتز تعريفاً مقدارياً دقيقاً عن الطاقة شارحاً أن بقاء الطاقة جاء بصورة طبيعية من قوانين الفيزياء المعروفة. وقال، بعد أن استخدم تلك المبادئ، إن العمل والحرارة اللذان تُشكّلهما الحيوانات لا بد أنهما يُشتقان كلياً من احتراق الطعام أثناء التنفس. ومع أن هيلمهولتز كان يؤيد بقوة عمل ڤون لايبيغ، ولكنه بَيَّن أن القوة الحيوية كانت غير متجانسة مع بقاء الطاقة (والسبب أن القوة الحيوية يمكن أن تتحوّل إِلى قوى طبيعية جسدية ولكن ليس العكس) ولذلك ينبغي أَن ينبذها علم الطاقة الجديد. كان هيلمهولتز Helmholtz عضواً مُؤسِّساً لمدرسة للفزيولوجيين الألمان (وعُرفت أحياناً باسم مدرسة هيلمهولتز في برلين أَو مدرسة الفزيولوجيين التي تأسست سنة 1847) الذين حاولوا أن يَشرحوا كل العمليات البيولوجية بلغة القوى الطبيعية الجسدية، وليس القوى الحيوية.

وحسب رأي هيلمهولتز عن بقاء الطاقة، هناك طاقة أساسية لكل الطبيعة، وهي طاقة وحيدة وغير قابلة للتحطيم، ولكن قابلة للتحوّل على نحو غير محدود. وهذه الطاقة ضرورية للكون أكثر من المادّة والقوة، ولذلك أوْقَفَتْ هيمنة نظرية بقاء الطاقة الأشكالَ الواضحةَ للمادّة والحركة. وكان النبأ السار المتعلق بالقانون الأول أن الكون كان عبارة عن مستودع من الطاقة المتقلبة منتظرة تحويلها إِلى عمل.

وكان النبأ السيء المتعلق بالقانون الثاني أن هذا التحوّل كان يقدر بتبدّد بعض الطاقة إِلى حرارة. ومع أن كل أشكال الطاقة كانت متساوية، إِلاَّ أن بعض الأشكال كانت مساوية أكثر من غيرها.

اكتشاف بقاء المادّة كان سببه يعود إِلى الإقرار أن الأُمنية من أجل بناء آلة ذات حركة دائمة كانت محكومة بالإخفاق. وكانت الأكاديمية الفرنسية للعلوم قد شكّلت لجنة لدراسة اقتراحات لبناء هذه الآلة الخيالية. وحاول الكثيرون (ومنهم ماير Mayer الشاب) ولكن الجميع فشل. إن آلة كهذه تشكِّل حركة وعملاً من لا شيء. إنها «محرِّك لا يتحرّك». إنها شيء كان أرسطو قد ربطه باللَّه وحده. وأدى الإقرار بأن الحركة الدائمة كان أمراً مستحيلاً إِلى الفكرة التي قالت إن كل الحركة يجب أن تنشأ من حركة سابقة أَو حقيقية أَو كامنة: وليس هنالك تغير بدون تغير سابق. لذلك كان تاريخ الكون كله متشابكاً بشبكة غير نظامية. وانتقد هيلمهولتز مفهوم ڤون لايبيغ عن القوة الحيوية التي كانت تزود التقلص العضلي بالطاقة، والسبب أن المفهوم سمح بإمكانية وجود آلة ذات حركة دائمة، الأمر الذي اعتبره مستحيلاً. ولكن إذا منعت فكرة بقاء الطاقة القوة الحيوية من العمل، فإنّها سوف تمنع، كما ظن البعض، الإله من التدخّل بالعالم المادي. ولكن اللورد كيلڤن بصدره الرحب وتفكيره السمح نسب للَّه مدبر شؤون الكون خَلْقَ الطاقة أَو تحطيمها.

قال الإغريق القدماء إن بروميثيوس كان قد سرق النار من القوى الخارقة وأعطاها للبشر ومعها جزء من المعرفة والقدرة الإلهية. الآن

ومن خلال هيلمهولتز والآخرين، تمكّن البشر من الحصول على مفهوم الطاقة ذاتها ومعها قدرة متزايدة من أجل الخير والشر. وإذا أمكن استخدام هذا المفهوم عن الطاقة لفهم سر الحياة والموت، إذاً يُمكن للموت أن يُهزم ويُمكن أن يصبح البشر خالدين.

العلاقة بين تشكّل الحرارة التنفسية والعمل العضلي، والربط، عموماً، بين التنفس واستخدام الطاقة في الجسم كان ما يزال غامضاً خلال القرن التاسع عشر. وقد ثبت بالتدريج أن التنفس ـ أي استهلاك الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون وتشكّل الحرارة ـ يحدث في خلايا النسج وليس في الرئتين أَو الدم. وهكذا فإن العضلات، كما رأى البعض، يمكن أن تعمل كمحركات بخارية بيولوجية مستخدمة الحرارة التي شكّلها التنفس لإحداث التقلص. ولكن في نهاية القرن، أدرك آخرون أن هذا لا يتحقَّق، لأن القانون الثاني للديناميكية الحرارية يبيِّن أن الحرارة مصدر عمل غير فعَّال، إِلاَّ إذا كان الفرق بين الآلة والبيئة مرتفعاً كثيراً. والمحرِّك الحراري عندما يكون بدرجات فزيولوجية طبيعية محرك غير فعَّال ويولِّد عملاً ضئيلاً مقابل كمية الطعام التي احترقت. والطريقة الواقعية لاستخدام التنفس ليحدث التقلّص العضلي كانت تقوم على تمرير تشكّل الحرارة بطريق جانبي وتحرير الطاقة التي أطلقها التنفس من خلال مستودع متوسط للطاقة إِلى التقلّص العضلي دون إطلاق الطاقة كحرارة. إِلاَّ أن الأمر استغرق قرناً آخر لنفهم كيف تحقق هذا العمل غير العادي.

الطُّرق التاريخية التي سلكناها بحثاً عن أسرار الحياة والطاقة قد

تفرعت عدة مرات، كما تعدَّدت الأسئلة وأدَّت بنا الأجوبة إِلى مناطق أكثر غموضاً وتجريداً. ومن أجل أن نلخص ما قرأنا، وقبل أن نواصل في الفصول التالية لنصل إِلى ذروة الفهم الحالي لطاقة الجسم: نقول إننا بدأنا بالنظر إِلى طريقة العمل العامة للتفسير البيولوجي في الثقافات الأولى حيث لم يكن هنالك تمييز بين الطاقة والحياة، وحيث نُسِبتْ الحركة والتغيير إِلى أرواح أَو قوى أَو أشباح لها صفات بشرية. أما الطاقة والحماسة والحياة فكانت تُمْنحُ من قبل الآلهة كما أن الروح والصحة يمكن أن تُنتزع من قبل الآلهة. أما المذهب الميكانيكي فلم يؤخذ بعين الاعتبار لأنه لم يكن مستخدماً في ذلك الوقت. وفي بلاد الإغريق القديمة وروما أخذ دور الآلهة والأرواح يضعف بالتدريج. ثم جاءت الطاقة على شكل نَفْس pneuma، أي روح من الهواء تنتشر في الجسم وتقدم حركة ونشاط الحياة. أما أوروبا في عصر النهضة والتنوير فقد حثّها التقدم التكنولوجي إِلى الأمام. ونُبِذتُ الآلهة والأرواح من قبل العلم وحلّ محلها علم الميكانيك البارد. وعلى نحو حاسم ونهائي، اختُبِرت الفرضيات بالتجربة وليس بالقبول المنطقي وقد ساعد على ذلك إدخال الرياضيات إِلى النظريات والتجارب العلمية. وحل محل النَّفْس pneuma والأرواح «القوى» و«القوانين». واكتشف البعض أن عنصراً من الهواء، وهو الأوكسجين، كان ضرورياً للحياة وكان يُستهلك داخل الجسم الحي أثناء عملية احتراق الطعام المهضوم وينتج عنه تشكّل حرارة الجسم. واكتُشِف في النهاية أن عملية التنفس

هذه تجري في خلايا الجسم وتنفذها الأنزيمات وهي الآلات الجزيئية للجسم. كما وجد أن القوى المختلفة للطبيعة يمكن أن تتحوّل فيما بينها إِلى حركة وحرارة، وهكذا ارتبطت بالمفهوم العام للطاقة، وهي المصدر الكوني لكل الحركة والتغير.. وهكذا أصبح الجسم محول طاقة (أَو آلة)، يوجه الطاقة المنطلقة من الطعام المحترق إِلى حركة وفكر. ولكن أحداً لم يكن يعرف كيف كان يحدث ذلك.

كان تاريخ العلم في تقدّم مستمر نحو ذروة الحقيقة الحديثة. وهذا أمر حسن إِلاَّ أنه أمر بغيض لمعظم المؤرخين. إنهم يقولون إن وجهة نظر التاريخ هذه تنشأ من أخذ حقيقة معاصرة وحياكة قصة حولها ـ وقد أُحْسِن اختيارها من الماضي. ويعطي بَحْثي التاريخي المختصر فكرة بسيطة عن كيف فكَّر العلماء وعملوا. كما يعطينا نظرة عن المكان الذي جاء منه مفهوم الطاقة الحالي المتحرِّك باستمرار، حيث ينتظرنا عدد من الصدمات .

الفصل 3

الطاقة نفسها

ما هي الطاقة؟

كنت أدرِّسُ الطاقة البيولوجية في مدينة كامبريدج لعدة سنوات قبل أن أدرك أنني نفسي لم أكن أفهم ما هي الطاقة! ويُقصد بالدروس في الصف أن تكون مريحة ولكن ينبغي أن تكون محادثة فكرية قوية بين الأستاذ وطالب أَو طالبين. وعلى كل حال، غالباً ما يتحدث الأساتذة دون أن يعرفوا شيئاً عما يتكلمون. وفي يوم جميل، اكتشفتُ أن هذا ينطبق عليَّ وعلى الطاقة. والمشكلة مع الطاقة أنها فكرة مجردة. وهذا جواب واحد عن السؤال «ما هي الطاقة؟»، «إنها مفهوم موجود في رأس العالِم». ولكن هنالك مشكلة دقيقة أُخرى وهي كيف تطور مفهوم الطاقة تاريخياً، وكيف أن الكثير من المعاني، غير منسجمة مع بعضها في كثير من الأحيان، قد تراكمت فوق الكلمات والرموز. ولذلك تَشجَّعْ ولا تيأسْ إذا لم تفهم معنى الطاقة في البداية. ولن يحرمك هذا بالضرورة من حقك في القيام ببحث

علمي أَو تدريس الطاقة البيولوجية في جامعة كامبريدج. وأنت، في مجال العلم، كما في مجال الحياة، غير مُلزم بالضرورة أن تفهم فكرة لكي تكون قادراً على استعمالها.

إن الطاقة، حسب الأَفكار العلمية الحالية، ليست مجال قوى غير مرئية، فتحرك الذراعين والساقين وتبتكر الأفكار، كشبح كريم يندفع هنا وهنالك ليحرِّك الجسم والعقل. والفكرة الحديثة عن الطاقة تشبه فكرة النقود. فالنقود تعطيك القدرة أن تشتري الأشياء المختلفة، وتأتي على أشكال متنوعة كالقطع النقدية المعدنية والورقية أَو على شكل شيكات أَو بطاقات اعتماد أَو حسابات مصرفية أَو سندات أَو ذهب.. إلخ. ويمكن أن تستعمل لشراء عدة أنواع من السلع كالقبعات ودور السكن والخيول. كما تسمح النقود بمقايضة هذه الأشياء حسب سعر محدد. وهكذا أستطيع أن أستبدل كمية محددة من القطع النقدية بحصان مثلاً. والطاقة عبارة عن قدرة من أجل تحريك أَو تغيير في الجهاز البدني أَو البيولوجي. وتأتي الطاقة في أشكال عدة كالطاقة الكيميائية أَو الطاقة الكهربائية أَو الطاقة الميكانيكية. كما يمكن أن تُستخدم «لشراء» عدة أشكال من التغيير كالحركة أَو التحول الكيميائي أَو التدفئة. وتقيس الطاقة مقدار المقايضة بين هذه الأشياء وبمعدل ثابت. إن مقداراً محدداً مثلاً من التحوّل الكيميائي يتطلب إنفاق كمية محددة من الطاقة الكيميائية. وهنالك اختلاف هام بين النقود والطاقة وهو أن النقود والقيمة المالية لا تتحوَّلان على نحو دقيق. إنك تستطيع أن تدفع 100،000 جنيه

إسترليني لشراء منزل في سنة من السنوات، ومن ثم تبيعه بمبلغ 110000 جنيهاً أَو 90000 في السنة التالية دون أن تغير أَو تُحسِّنَ شيئاً فيه، كما إن مبلغ 10000 جنيهاً لا يظهر أَو يختفي فجأة في أي مكان من الاقتصاد. إنك تستطيع أن تحرق 10 جنيهات وتختفي النقود على شكل دخان. والنقود لا تتحوّل إطلاقاً ولا القيمة المالية كذلك: أي ليس هنالك معادل اقتصادي للقانون الأول للديناميكية الحرارية. ولو كان هنالك ذلك المعادل، لكان الاقتصاد أسهل ولكن ربما كنا أفقر كذلك. إن الطاقة تتحوّل على نحو كامل، كما عبّر عن ذلك القانون الأول للديناميكية الحرارية الذي يقول إنه خلال أي تحوّل لأي نوع، تبقى الكمية الإجمالية للطاقة في الكون ذاتها. فلو استعملت مئة وحدة من الطاقة لكي ترفع صخرة مئة قدم في الهواء، ثم عدت بعد سنة وأنزلتها إِلى الأرض، فإن مئة وحدة من الطاقة سوف تطلق. وقد لا تطلق بأساليب مرغوب فيها كثيراً ـ قد تُطلق الطاقة على شكل حرارة أَو صوت أَو عمل، والأمر يعتمد على كيفية نزول الصخرة. ولكن عندما تحسب الطاقة المنطلقة، فإن المجموع الكلي سيكون مئة وحدة.

إن النقود أَو القيمة المالية مفهوم تجريدي لأنها تكمن في أشياء مختلفة كثيراً، كقطع نقدية معدنية أَو حساب مصرفي. والطاقة مفهوم تجريدي على نحو مشابه، وهي محتواة في أنواع مختلفة من الأشياء، ولكنها ليست هذه الأشياء، الطاقة، على الأصح، هي قدرة هذه الأشياء لتشكيل حركة أَو تغير. الطاقة ليست إضافة إِلى هذه الأَشياء

إنها في الواقع كمحاسب يدرس موقفاً لِيُقَيِّم القدرة اللازمة للحركة والتغير. فلو أن صخرة متوازنة على طرف هُوَّة سحيقة، فمن الممكن أن نستنبط أنّها إذا دُفعت إِلى الهوة فإن الكثير من الطاقة سوف تنطلق على شكل حركة وصوت وحرارة.. إلخ. وقبل أن تتحرَّك الصخرة، لا تكمن الطاقة في الصخرة أَو الهوة أَكثر من القيمة المالية التي تكمن في القطع النقدية أَو الحصان، ذلك لأن الطاقة أَو القيمة المالية ليست أشكالاً غامضة من المادّة، ولكنّها، على الأصح، أساليب لتقدير الإمكانية اللازمة للتغيير. والطاقة تقيس القدرة اللازمة للحركة أَو التغير المادي في أي موقف محدد.

الطاقة تشبه النقود ولكن لها شكل آخر. لا تحدد النقود كيف أَو متى ينبغي أن تُنْفق، فهذا أمر يحدّده الناس الذين يُنفقونها. وعلى نحو مشابه، قد يكون للصخرة المتوازنة فوق طَرف هُوَّة سحيقة الكثير من الطاقة، ولكن هذا الأمر لا يحدّد كيف أَو متى يمكن لها أن تقع. ولكن الطاقة تحدّد فيما إذا كان بالإِمكان للصخرة أن تقع أَو لا تقع. كما أن وجود مليون من الدولارات لا يحدّد كيف أَو متى سوف تُنفق، ولكن النقود تَعني أنه يمكن شراء عدد من المنازل أَو كمية من الفريز أَو عدد من الخيول. وعلى نحو مشابه، إن وجود مليون وحدة من الطاقة لا يحدد كيف أَو متى سوف تُستخدم تلك الطاقة، ولكن هذا يعني أنه يمكن تشكيل مقدار من الحرارة أَو مقدار من الحركة أَو مقدار من الكهرباء.

أخبرنا الفيزيائي الأمريكي العظيم ريتشارد فينمان Richard

Feynman في محاضراته الشهيرة «محاضرات في الفيزياء»، فقال:

> «من الأهمية بمكان أن ندرك أنه ليس لدينا في فيزياء اليوم أي معرفة عن ماهية الطاقة. ليس لدينا صورة أن الطاقة تأتي على شكل نقاط صغيرة غامضة لمقدار محدد. إنها ليست كذلك. على كل حال، هنالك صيغ لحساب كميات عددية... إنها شيء مجرد على نحو لا تخبرنا به الآلية أو الأسباب المتعلقة بصيغ مختلفة».

الطاقة إذاً ليست شيئاً أَو مادّة نستطيع أن نحسبها مستخدمين أرقاماً للتنبؤ. ولكن ليس لدينا فكرة عمّا هي الطاقة بحد ذاتها. وتبدو الطاقة كمفهوم حسابي مجرد كالنقود، تُقدر مقدار الحركة التي يمكن أن يشكّلها جسم محدد. يا له من أمر مُضْجر. ومع ذلك، ربما تكون الطاقة أثمن شيء أساسي في الكون. إن الطاقة هي الشيء الوحيد المستديم والذي يبقى من خلال كل التغير. كل شيء يمكن أن يتشكَّل من الطاقة أَو يتبدّد إليها، وكذلك المادّة ذاتها، وقد ظهر ذلك في الانفجارات الذرية ومعادلة آينشتاين الشهيرة $E=MC^2$ مربع سرعة الضوء × الكتلة = الطاقة، والآن نجد في هذا المخطط التجريدي تقريباً للأَشياء أن الطاقة هي المادة الأساسية وبنية الكون، منها كل شيء ينشأ وإليها كل شيء يتبدّد في النهاية.

ولكن الطاقة ذاتها لا تُشكل حركة أَو تغيراً. فإذاً ما هو الشيء الذي يفعل ذلك؟ قال نيوتون إن كل الحركة أَو التغير ناتج عن القوى. وفي حياتنا نجد نوعين منها فقط: قوة الجاذبية والقوة

التلامسية. تَجُرُّ قوةُ الجاذبيَّة كلَّ شيء نحو مركز الأرض وتجعل كل الأجسام السماوية (وغير السماوية) تجذب بعضها بعضاً. وتحدث القوى التلامسية عندما ندفع أَو نجر شيئاً أَو عندما أرفع كرسياً أَو عندما تصدم سيارة عامود كهرباء أَو عندما يثور بركان. ويوجد جاذبيَّة لأن كل جزء من المادّة تنجذب إِلى كل جزء آخر منها. وينتج عن ذلك تسارع بعضها إِلى البعض الآخر. وليست القوى التلامسية إِلاَّ مظاهر مختلفة لقوة شديدة جداً: هي القوة الكهربائية. وهي قوة جذب وتنافر في كل المادّة المشحونة. وقوة الجاذبيَّة والقوة الكهربائية هما السببان وراء كل حركة أَو تغير في كوننا. وهنالك قوتان أخريان معروفتان وهما: القوة النووية القوية، والقوة النووية الضعيفة، ولكن مجال عملهما ضئيل، ويمكن أن يُشاهد فقط بفتح نواة الذرة. وليس للقوى النووية أثر ظاهر على البيولوجيا أَو حياتنا اليومية.

ومع أن قوة الجاذبيَّة هامة للأَشياء الكبيرة، أمثالنا، لكن ليس لها شأن للأَشياء الصغيرة كالخلايا. إن القوة الكهربائية أقوى بألف مليون مليون مليون مليون مليون مرة تقريباً من قوة الجاذبيَّة. وهي القوّة الوحيدة التي لها شأن على مستوى الجزيئات والخلايا. إن قوة الجاذبيَّة تسبِّب تجاذباً ـ أي أن جسمين سوف يتسارعان باتجاه بعضهما. أما القوّة الكهربائية فتسبِّب إما تنافراً أَو تجاذباً، والأمر يعتمد على ما إذا كانت المادة تحمل شحنات مختلفة أَو الشحنات نفسها: أي الأضداد تتجاذب والأمثال تتنافر. ويحمل الإلكترون شحنة سالبة، ويحمل البروتون شحنة موجبة. ويمكن اعتبار كل

الأَشياء، وأجسامنا من ضمنها، مكونة من ترتيب مختلف للبروتونات والإلكترونات (ويوجد نيوترونات كذلك، ولكن ليس لها شحنة، وتسلك سلوك الإلكترون والبروتون المتلازمين). وتتكون الأَشياء التي نراها يومياً من عدد متساو تقريباً من الإلكترونات والبروتونات. ولو لم يكن الأمر كذلك لَشكَّلت الزيادة في الشحنة الموجبة أَو السالبة قوة كبيرة دافعةً (أَو مفجرةً) الشحنة الزائدة، تاركة مجموعة محايدة من الإلكترونات والبروتونات. وقدرة القوّة الكهربائية هائلة للغاية. فلو وقف شخصان على بُعد ذراع من بعضهما، وفي جسم كل منهما نسبة واحد بالمئة من الإلكترونات أكبر من البروتونات لانفجرا إرباً إرباً بقوة كهربائية كافية لتحريك وزن الأرض.

إن قدرة القوّة الكهربائية ليست دائماً واضحة على مستوى الحياة اليومية، ذلك لأن معظم الأَشياء تحتوي على توازن من البروتونات والإلكترونات، ولذلك ليس هنالك قوة واضحة بين الأَشياء. ولكننا نلاحظ فعلاً هذه القوة عندما تقترب الأَشياء من بعضها وتشعر الإلكترونات بعضها ببعضها الآخر. فعندما تَرفعُ فنجاناً بإصبع، فإن الإلكترونات الموجودة على سطر إصبعنا هي التي تُنَفِّرُ الإلكترونات الموجودة في الفنجان. وعلى نحو مشابه، يعود سبب كل القوى التلامسية (عندما يلمس شيء شيئاً آخر أَو يدفعه أَو يحطمه) إلى تنافر الإلكترونات. إذا أردت أن تعرف مباشرة كيف يكون ملمس الإلكترونات، فما عليك إِلاَّ أن تلمس شخصاً ما بيدك ـ وما كل الذي تلمسه إِلاَّ إلكترونات.

ربما نتخيل أن القوى تضعف وتضعف داخل الجسم. والحقيقة هي عكس ذلك. فعلى مستوى الجزيئات، تكون القدرة الكهربائية أقوى على نحو لا يمكن تصوره، لأن شدة القوة تتضاعف أربع مرات في كل مرة تصغر المسافة بين الشحنات إِلى النصف. ولأن كتلة الجزيئات صغيرة جداً فإنها تلاقي تسارعاً وتباطؤاً هائلين، قافزة حول الخلية كبلايين من كرات لعبة كرة الطاولة في حالة السرعة.

على نحو أساسي، كل ما يجري في الجسم ناشئ عن إلكترونات وبروتونات يصدم بعضها البعض الآخر ثم تعيد ترتيب نفسها. وهنالك ترتيبات من البروتونات والإلكترونات أكثر استقراراً من غيرها، أي إنها تدوم مدة أطول من غيرها. ونحن نسمي هذه الترتيبات المستقرة جزيئات. فعندما تصطدم الجزيئات بعضها مع بعضها الآخر، فإنها يمكن أن تتحطم ثم تعيد ترتيب نفسها مشكّلة جزيئات جديدة. وللترتيبات الجزيئية المختلفة طاقات مختلفة متعلقة بها - ناشئة عن ترتيب خاص للبروتونات والإلكترونات داخل الجزيء. إن جزيئاً، مثلاً، يمكن أن يحتوي على عدد من الإلكترونات متراصة مع بعضها - مشكّلةً ترتيباً يتطلب الكثير من الطاقة، لأن على إلكترونات أن تنضغط معاً لتواجه التنافر القوي لشحناتها السالبة. ولكن لو تحطم ذلك القسم من الجزيء إِلى أجزاء ثم ترتبت ثانية، فإن الكثير من هذه الطاقة سوف تطلق بينما تتبدّد الإلكترونات المختلفة والجزيئات المرتبطة بها بعيدة عن بعضها. وهذا ما يحدث مع ATP، وهو جزيء لازم لتحويل الطاقة في الخلية.

وهكذا نجد أن لبعض ترتيبات البروتونات والإلكترونات طاقة أكبر من ترتيبات مختلفة أُخرى. وإذاً، تحويل ترتيب أَو تحويل جزيء إِلى آخر يتطلب طاقة أَو إطلاق هذه الطاقة، وهذا يعتمد على ما إذا كان للترتيب الجديد طاقة أكبر أَو أصغر من الترتيب القديم.

يقوم العمل البارع والأساسي للحياة الحيوانية على أخذ الجزيئات من البيئة وترتيبها ثانية على نحو يكون لها طاقة منخفضة. أما الطاقة الزائدة فينبغي أن تُطلق. ولكن الإطلاق العشوائي للطاقة أمر غير مرغوب فيه، وإطلاقها يشكِّل حرارة فقط. علينا أن نضمن مرور الطاقة إِلى الجزيئات الأُخرى ومن ثم استعمالها لتحريك العضلات أَو لنقل الذرات أَو بناء الجزيئات. ويقوم العمل الحاذق على أخذ الجزيئات (الطعام والأوكسجين) من البيئة وإعادة ترتيب البروتونات والإلكترونات على نحو يكون التنافر قليلاً بين الإلكترونات داخل الجزيئات. وعلى كل حال، لا يستطيع الجسم أن يتحمّل إطلاق الطاقة على شكل حرارة لأن الكائنات الحية لا تستطيع أن تستخدم الحرارة كمصدر للطاقة لأسباب كان قد أدركها كارنوت Carnot في أوائل القرن التاسع عشر. إن الطاقة وحدها غير كافية لتزويد الحياة بالقوة المحركة. هنالك شيء أكثر شأناً يحرك كل العمليات الحية. إروين شرودينجر (الفيزيائي النمساوي العظيم ومبدع ميكانيكا الكم) دعى ذلك الشيء بكلمة الإنتروبيا السالبة (أو negentropy). ولكي نفهمها علينا أن ندرس القانون سيء السمعة وهو القانون الثاني للديناميكية الحرارية.

القانون الثاني وسر الحياة

إنه لأمر مغرٍ أن نتغاضى عن القانون الثاني بتكتم، آملين أن نتجاهله دون أن يلاحظ أحد ذلك. والسبب أنها فكرة زَلِقَة وسيئة السمعة، تماماً كقشرة موز ملقاة على الرصيف، ولكن لماذا لا نجتاز الطريق بحذر متفادين بذلك النظر بإمعان؟ ولكن بأمانة ودقة، إن القانون الثاني جميل ومكتَنَف بالأسرار. وقد وصفه بعض العلماء المبدعين بأنه أعظم منجزات البشرية. سي. پي سنو C. P. Snow في مقالته «الثقافتان» قارن قيمته الثقافية بقيمة شكسبير الثقافية، والجهل به بالنسبة لأولئك الذين يطمحون أن يكونوا «مثقفين» كالجهل بمسرحيات شكسبير. كان سنو Snow يقصد بذلك المفكرين الذين أدانوا جهل العلماء الواضح في مسائل ثقافية كلاسيكية دون أن يدركوا أن هنالك ثقافة علمية بديلة وصحيحة كثقافتهم. وعلى كل حال، سواء كنا نطمح أن نكون «مثقفين» بهذا المعنى أم لا، فإن القانون الثاني شيء أساسي من أجل فهم أي تغيّر، تماماً مثل نظرية داروين Darwin عن الاصطفاء الطبيعي نظرية أساسية من أجل فهم التطور. ولكن القانون الثاني شيء زَلِق: فهناك الكثير من التفاسير بقدر ما هنالك من المفسرين تقريباً. فإذا كنت قلقاً فيما يتعلّق بقشرة الموز فيمكنك أن تتفادى النظر بإمعان وأن تتخطى هذا القسم إلى قسم آخر.

ينشأ القانون الثاني عن المبدأ الذي يقول إنه إذا أفسدنا (هزهزنا) ترتيب شيء ما فإن مكوناته سوف تتبعثر. وهكذا، إذا وضعنا مكعبات

أطفال فوق بعضها في علبة معدنية، فإن المكعبات سوف تتبعثر عشوائياً، سواءً كانت المكعبات مرتبة أصلاً فوق بعضها على نحو أنيق، أَو تجمعت في إحدى زوايا الصندوق أَو انفرزت إِلى ألوان، فإنها بعد تحريكها ستترتب على نحو أكثر عشوائية. وستصبح المكعبات غير مرتبة فوق بعضها ومنتشرة هنا وهناك من العلبة وسوف تختلط الألوان بعضها مع بعض. ولكن العكس لا يحدث. فإذا حركنا المكعبات المبعثرة في العلبة بدون تمييز، فإنّها لن ترتب نفسها على نمط منظم. ويعود السبب إِلى المبدأ العام: إذا خضع ترتيب لتشويش عشوائي فإنه سيتبعثر على نحو عشوائي مع الزمن، ولن يصبح أكثر ترتيباً. لماذا؟ لأن التبعثر العشوائي أسهل بكثير من التبعثر المرتب. إن التبعثر العشوائي ليس تبعثراً دقيقاً. إنه تبعثر مختلف كثيراً، وليس فيه حقيقة مشتركة سوى التبعثر العشوائي. بينما التبعثر المرتب (كفرز المكعبات الملونة على شكل مجموعات) تبعثر دقيق ولا يمكن أن يكون كذلك إِلاَّ بعدد قليل من الطرق. وهكذا، إذا خَضَعَتْ المكونات (المكعبات) إِلى تشويش عشوائي (كانتقال المكعبات كيفما اتفق بين المجموعات) فإن من المحتمل جداً أن كل تشويش سيؤدي إِلى مزيد من التبعثر العشوائي (مثلاً، انتقال مكعب من المكعبات الزرقاء الكثيرة من المجموعة الزرقاء إِلى المجموعة الحمراء) وليس إِلى تبعثر أكثر ترتيباً. (انتقال المكعب الأحمر الوحيد في المجموعة الزرقاء إِلى المجموعة الحمراء) هذا هو جوهر القانون الثاني.

يمكن شرح المبدأ نفسه على نحو أكثر وضوحاً، وذلك

بمجموعة من ورق اللعب. إذا بدأنا بالأوراق وهي مرتبة، أي جميع أَوراق اللعب ذات النقش الواحد، بدءاً من الآص إِلى الاثنين، ومن ثم خلطناها كثيراً (أي خلط عشوائي) فإننا نصل في النهاية إِلى نمط غير مرتب من الأَوراق. ولكن العكس لا يحدث. فإن من النادر جداً أن نرى مجموعة غير مرتبة من ورق اللعب تصبح مرتبة بخلط أَوراقها. ويعود السبب إِلى أن هنالك فقط بضع ترتيبات مختلفة يمكن أن تعتبر مرتبة. بينما هنالك الملايين من الترتيبات الأُخرى التي تُرى أنّها غير مرتبة. عندما نخلط الأَوراق، فإنها تنتقل من ترتيب اختير عشوائياً إِلى ترتيب عشوائي آخر. إذا كان هنالك ترتيب منظم واحد، ومليون ترتيب غير منظم، إذاً الترتيب الذي اختير عشوائياً (نتيجة الخلط) له فرصة من مليون فرصة أن يتحوّل إِلى ترتيب منظم، ولكن من شبه المؤكد سيتحول إِلى ترتيب غير منظم.

إن نوع النظام الذي يتعامل معه القانون الثاني هو، عموماً، مجموعة من الجزيئات يصطدم بعضها مع بعضها الآخر، كقطعة من الخشب، أَو حيوان، أَو الشمس، أَو الخلية، أَو الكون. والتشويش العشوائي تسبِّبه الحرارة الموجودة في النظام: كل شيء درجة حرارته أعلى من الصفر المطلق يتكون من جزيئيات ترتعش عشوائياً. وما الحرارة إِلاَّ جزيء يهتز على نحو عشوائي، بمعنى أن جزيئات مختلفة يصطدم بعضها مع بعضها الآخر في اتجاهات عشوائية بمعدل سرعات مختلفة وأوقات مختلفة. ويسبب هذا الإهتزاز إعادة تبعثر مادة وطاقة النظام. وبما أن الإهتزاز عشوائي، فإن التبعثر الجديد للمادّة والطاقة

يكون أكثر عشوائية من قبل. تخيل مجموعة من الجزيئات موجودة في زاوية من العلبة: إن الهزهزة الحرارية ستبعثرها جميعاً مرة أُخرى. وإذا تحركت بعض الجزيئات في العلبة أولاً بأسرع من جزيئات أُخرى، فإن تصادماً عشوائياً سيعيد تبعثر الطاقة على نحو أكثر انتظاماً. وإذا كان هنالك أنواعاً أُخرى من الجزيئات موجودة في أقسام أُخرى من العلبة، عندئذٍ ستخلطهم الهزهزة العشوائية معاً. وإذا وضعنا سائلين (عصير البرتقال وعصير العنب الأسود مثلاً) فوق بعضهما (كما يُصر ابني البالغ من العمر أربع سنوات) سيمتزجان معاً في النهاية، كما أنه تبعثر عشوائي أكثر للجزيئات. فإذا كانت الحرارة مرتفعة على نحو كاف بحيث تبدأ الذرات تتبعثر ثانية بين الجزيئات، (منفصلة عن بعض وملتصقة بأُخرى) إذاً، نصل إلى ترتيب أكثر عشوائية للذرات الموجودة بين الجزيئات. ولذلك إذا «استطاع» جزيئان أن يتفاعلا كيميائياً فسوف يتفاعلان في الواقع حتى يكون هنالك كمية معتبرة من الجزيئات الناتجة.

المدى الذي تتبعثر فيه عشوائياً مادة وطاقة الأنظمة (كالعلبة المليئة بمكعبات الأطفال) يمكن أن يُقاس كما أنه يسمى «الإنتروبيا» entropy. وللنظام العشوائي إنتروبيا عالية، وللنظام المرتب إنتروبيا منخفضة. ولذلك يمكن للقانون الثاني أن ينص كما يلي: «تزداد الإنتروبيا دائماً أثناء أي تغير». ابتُكِر مفهوم الإنتروبيا من قبل كلوسيوس Clausius، ولكن معناها الحقيقي بلغة الذرات والجزيئات اكتشفه فقط الفيزيائي النمساوي لودويغ بولتزمان Ludwig Boltzmann

في القرن التاسع عشر. ولسوء حظ بولتزمان، لم تكن الذرات حينئذ رائجة، وتفسيره للتغير بلغة حركة الذرات بلا هدف دفع البعض إِلى الاعتقاد أنه قَوَّض الهدف في الكون. وهذا مشابه لتقويض داروين سابقاً للهدف في البيولوجيا. ومع أن بولتزمان اعتُرِف به كفيزيائي عظيم في عصره، إِلاَّ أن معاصريه سخروا منه، فقتل نفسه أثناء نوبة اكتئاب. ولكن قبره في مدينة ڤيينا يحمل وصية من تراثه وهي معادلة بسيطة تَنْسبُ الفوضى إِلى الإنتروبيا (S = K.logW حيث S هي كمية الإنتروبيا K عدد ثابت ـ الآن يعرف باسم ثابت بولتزمان ـ W عدد الطرق الممكنة لترتيب المادّة والطاقة لنظام ما لتحقيق الحالة نفسها و«log» تعني فعلاً أن الزيادة المضاعفة في W تزيد S بعدد صغير نسبياً).

إن تحرك جسم، رصاصة مثلاً، يشتمل على كل الذرات المتحركة في الاتجاه نفسه والسرعة نفسها والوقت نفسه. وحرارة الجسم، من جهة أُخرى، تشتمل على كل الجزيئات التي تتحرَّك في اتجاهات مختلفة وسرعات مختلفة وأوقات مختلفة. وهكذا عندما تتحوّل الطاقة من حركة الجسم إِلى حرارة (عندما تضرب الرصاصة جداراً مثلاً) فإن طاقة النظام تصبح مبعثرة على نحو أكثر عشوائية. وحسب القانون الثاني، هذه عملية طبيعية لا يمكن عكسها: طاقة الحركة يمكن أن تتحوّل إِلى حرارة لأن المادّة والطاقة تصبحان أكثر تبعثراً. أما العكس فلا يمكن أن يحدث: الحرارة لا يمكنها أن تتحوّل (كلياً) إِلى حركة، لأن هذا الأمر يتطلب النظام ليصبح مرتباً. وكل

الذرَّات التي تتحرَّك في اتجاهات مختلفة في أوقات مختلفة عليها أن تُرتّب نفسها بطريقة أَو بأُخرى لتتحوّل في الاتجاه نفسه والوقت نفسه، وهذا أمر مستحيل حسب القانون الثاني.

إن استخدام كلمة «طبيعي» في تعبير يقول إن الإنتروبيا تزداد دائماً لأمر هام. إن التدخل بالنظام قد يجعله أقل عشوائية وأكثر ترتيباً. يمكننا أن نرتب حركة الذرَّات الفردية بتنسيق تشكيل حركة منظمة. يمكننا أن نأتي بوقود أَو محرّك لنحافظ على ترتيب نظام أَو نزيد في ترتيبه. ولكن هذا يتطلب إدخال الترتيب المستمر إِلى النظام أَو إبعاد الفوضى عنه. وإذا أخذنا بعين الاعتبار التغيرات خارج النظام أَو داخله، فإن القانون الثاني لا يزال صحيحاً: إن المجموع الكلي في الإنتروبيا الناشئة عن أي تحول يجب أن يزداد دائماً.

إن الحرارة من أشكال الطاقة غير المنظمة. ولذلك، في أي عملية طبيعية، إن تحويل الطاقة المخزونة أَو طاقة الحركة إِلى حرارة سيزيد الإنتروبيا كثيراً. في معظم العمليات التي تجري حولك، تُطلق الحرارة من شكل مخزون للطاقة. أما العكس فمستحيل حسب القانون الثاني. وهذا يُفسر لماذا نحتاج طاقة مخزونة لكي نقوم بأي عمل، والسبب هو أنّه خلال أي عملية، بعض الطاقة المخزونة سوف تتحوّل إِلى حرارة ولا نستطيع أن نحوّلها ثانية إِلى طاقة مخزونة. وإِلى حد ما، إنه تحويل الأشكال الأُخرى من الطاقة إِلى حرارة الذي يحرّك كل العمليات في العالم. ولكي نتمكّن من الاستمرار بالقيام بالأعمال المختلفة، علينا باستمرار تجديد طاقتنا المخزونة من أي

مكان. ومع أننا محاطون بمحيط شاسع من طاقة الحرارة، فإننا لا نستطيع أن نحوّلها إِلى أشكال أُخرى بسبب القانون الثاني. إن طاقة الحرارة مفيدة فقط إذا توفرت بدرجة عالية. ويمكن التخلّص منها عندما تكون بدرجات منخفضة، والسبب أن انتشار الحرارة من الدرجة العالية إِلى الدرجة المنخفضة عملية ذاتية طبيعية. وهذا يزيد الإنتروبيا، ولذلك يمكن أن تستعمل للقيام بعمل ما. تلك كانت فكرة حاسمة أدركها كارنوت Carnot على نحو غامض في القرن التاسع عشر.

ولكن إذا كان كل شيء يتجه نحو عدم الترتيب والعشوائية والفوضى فكيف نفسِّر وجود الكائنات الحية التي هي بُنى منظمة على نحو مذهل؟ كيف تنشأ الشجرة المعقدة من البذرة؟ كيف نُفسِّر خلق جناح طائر أَو عين أخطبوط أَو شبكة عنكبوت؟ مما لا شك فيه، إن نتيجة هذه العمليات الخلاقة أكثر تعقيداً وغير عشوائية وأكثر تنظيماً من مكوناتها. فهل ضعفت الإنتروبيا إذاً؟ وهل تَنْتَهِكُ الحياة نَفْسُها القانونَ الثاني؟. من الممكن إن نقول إن الحياة انتهكت روح القانون الثاني ولكن ليس حرفيته. علينا أن ننظر إِلى جميع المكونات الأولى والنتائج النهائية. إن خلق جناح الطائر وعين الأخطبوط وشبكة العنكبوت لم تكن التغيرات الوحيدة. فقد احترق الكثير من الطعام وأُطْلِق الكثير من الحرارة. وقد سبَّب إطلاق الحرارة إِلى المحيط ارتفاع الإنتروبيا في المحيط (فوضى). فإذا حسبنا الزيادة في إنتروبيا البيئة والنقص في إنتروبيا الحيوان، نجد أن هنالك زيادة في النهاية.

وهذه العملية تقرب المخلوقات الحية من القانون الثاني: إنقاص الإنتروبيا الخاصة بالمخلوقات الحية (فوضى)، وفي الوقت نفسه إدخال طاقة (منظمة) مخزونة وإخراج طاقة (غير منظمة) الحرارة. وهكذا نجد أن الحياة تُخْرِجُ الفوضى لتزيد في نظامها. ولذلك قال شرودينجر Schrödinger أيضاً إن الحياة تقوم على الإنتروبيا السالبة. والإنتروبيا السالبة (نظام)، والحياة تقوم على الغذاء المنظم أَو الضوء (إنتروبيا سالبة) طارحة الحرارة غير المنظمة (الإنتروبيا).

تُواجه الحياةُ مشكلة وهي أن معظم العمليات الضرورية لاستمرارها عمليات غير تلقائية (أَو غير طبيعية) لأنها تؤدي إِلى المزيد من المادة أَو الطاقة. فعلى الخلية مثلاً أن تجمع الجزيئات المبعثرة عشوائياً معاً وتكون جزيئات منظمة معقدة (مثل DNA) والبنية الخلوية. ولكن كيف للحياة أن تُنشئ هذا النظام دون مخالفة القانون الثاني؟ والجواب هو «التقارن»، فالحياة تقرن العملية المحظورة التي تُنْقِص الإنتروبيا وذلك بعملية تلقائية أُخرى التي تزيدها حتى يكون هنالك زيادة في الإنتروبيا في النهاية. تستطيع الخلية مثلاً أن تجمع الجزيئات من داخلها وخارجها، وهكذا تَنْقُص الإنتروبيا وذلك بإقران هذه العملية بنقل الصوديوم إِلى داخلها، الأمر الذي يزيد الإنتروبيا لأن هنالك صوديوم خارج الخلية أكثر من داخلها. ويجري التقارن بآلة جزيئية تقع في غشاء الخلية (الجدار الرقيق الذي يحيط بالخلية) التي تسمح للصوديوم بدخول الخلية عندما يكون مصحوباً بجزيء تريده الخلية. وتعمل الآلة الجزيئية كَبَوَّاب يَقرِن نقل الصوديوم إِلى

خلية جزيئات أُخرى مطلوبة، ودخول (أَو خروج) واحدة منها لا يمكن أن يحدث بدون الأُخرى. وعلى نحو مشابه تصنع الخلية DNA بإقران عملية باعثة للنظام بعملية غير باعثة للنظام ـ أي انحلال ATP. إن ATP مصدر (أَو تيار) طاقة وله هدف عام داخل الخلية، وانحلاله أَو إدخال الفوضى إليه يمكن إقرانه بعمليات تنظيم أساسية كاصطناع DNA بالآلات الخليوية. ولكن هذه العملية لا يمكن، على كل حال، أن تستمر إِلى الأبد، وفي النهاية (وخلال بضع ثوان في الواقع) ينبغي على ATP أن يتكون ثانية كما ينبغي على الصوديوم أن يخرج من الخلية ثانية. ولكن هذه العمليات تُنقص الإنتروبيا ولذلك ينبغي أن تقرن بعمليات أُخرى لكي تزيدها. وهكذا تحتاج الخلية إِلى سلسلة من عمليات الإقران، التي هي في الواقع مرتبطة بإحراق الطعام، ومصانة باستمرار بإدخال الطعام والأوكسجين من الخارج وإخراج ثاني أوكسيد الكربون والحرارة. هذه هي العملية البارعة الرئيسية للحياة، أي إقرن العمليات التي تريدها ولكنها مستحيلة بعمليات ممكنة ويمكن سد نقصها باستمرار.

سلسلة الطاقة التي تربط كل حدث جزيئي في الجسم لا تنتهي في البيئة مباشرة خارج أجسامنا. الطعام والأوكسجين الذي نتناوله ليزودنا بالقدرة يجب أن يُسَد نقصهما في مكان ما، وإلاَّ يستنفدان بسرعة. ينبغي على الحيوانات أن تتغذى بحيوات أُخرى أَو بالنباتات، لتستخدمها كمصدر للطاقة، وبالتالي تربطها بسلسلة غذائية أَو بشبكة من الطاقة. وعلى نحو أساسي، إنها نباتات العالم التي تشكِّل وتسد

النقص في طاقة الطعام والأوكسجين اللذين يزودوننا بالقدرة إضافة إِلى الحيوانات الأُخرى في العالم. ولكن من أين تأتي النباتات بالطاقة؟ أَمِنَ الأرض؟ لا. إن معظم الطاقة الموجودة على الأرض تأتي من الشمس. وربما كان القدماء على صواب أن يروا في الشمسِ قوةً عظمى، ومصدراً لكل الأشياء الدنيوية. وشمسنا (وهي نجم) تُطلق إِلى الفضاء الخالي كميات مذهلة من الطاقة على شكل ضوء. أما نباتات الأرض فتأخذ منه كمية ضئيلة للغاية وتستخدمها كقدرة لتحويل الماء وثاني أوكسيد الكربون إِلى جزيئات معقدة (تصبح بدورها طعاماً للحيوانات) وإِلى أوكسجين (ينطلق في الهواء). ويقول القانون الثاني، إن تحويل الأوكسيد والهواء إِلى كل الأشكال غير الممكنة للحياة، يصبح ممكناً بإقران هذا بتحويل نور النجم الصافي إِلى طاقة حرارية عشوائية.

والآن أصبحتَ تَعرفُ «سر الحياة» و«القانون الثاني» كذلك. فأنت مؤهل أن تدعو نفسك شخصاً «مثقفاً»، على الأقل كما قال سي پي سنو C. P. Snow. على كل حال، وقبل أن تسارع إِلى حفلة العشاء تلك، من الأفضل أن تراجع شكسبير.

الفصل 4

آلية الحياة

«جسمنا آلة من أجل الحياة. وهو مُنظمٌ من أجل ذلك، تلك هي طبيعته»

نابوليون في كتاب الحرب والسلم، للمؤلف تولستوي

هل الإِنسان آلة؟ إنه سؤال قديم تغير معناه ببطء لأن مفاهيمنا عن الإِنسان والآلة قد تطورت. علينا أن نطرح السؤال ثانية في هذا العصر الجديد، عصر الهندسة الوراثية والاستنساخ والكمبيوترات الذكية والإنترنت. أصبح مفهومنا عن الآلة الآن أكثر من وسيلة ميكانيكية مصنوعة من المعدن، أصبحت تعني آلة مكونة من برامج وربما كائنات حية أعيد تصميمها لتقوم بمهام محددة. ومن أجل أن ننظر إِلى هذا السؤال بصورة جدية، فإن من الضروري أن ندرس كذلك تركيب الإِنسان بمزيد من التفاصيل، ولكي نرى إذا كانت مكوناته تشبه الآلة حقاً. وهذا سوف يساعدنا أن نفهم ما نعرفه الآن عن طاقة الحياة التي سنتابعها في الفصول التالية. إننا سندخل مملكة الخلية

الحديثة وبيولوجيا الجزيء، وهو علم من أكثر العلوم نجاحاً في الوقت الحاضر وربما من أنجح الأنشطة الثقافية في المجتمع المعاصر. تقول البيولوجيا الحديثة إن الجسم مكون من كمية وتشكيلة واسعة من الآلات الجزيئية، تنظمها مورثاتنا ويصمّمها التطور، وربما من أجل ضمان بقاء هذه المورثات.

تعاظمت الفرصة بصورة مستمرة بين البيولوجيين منذ الحرب العالمية الثانية، لأن الأحداث دائمة التغير داخل الخلية قد أصبحت واضحة بالتدريج. تصبح الأمور أقل وأقل تشويقاً إذا نظرت إليها بمزيد من التفصيل. ولكن العكس حدث في علم البيولوجيا. والأمر يشبه لعبة الدمى الروسية، حيث تصبح اللعبة أكثر تعقيداً كلما فتحت دمية، أَو كقبر فرعون الذي يكشف عن كنوز مذهلة كلما اقتربت من التابوت الحجري. ويبدو الإنسان بسيطاً تماماً إذا نظرت إليه من الخارج: له بضع أطراف للتعامل مع العالم حوله، وفتحات من أجل إدخال أشياء إِلى الجسم أَو إخراجها منه. ولكن انخفض إِلى مقياسٍ أصغر من ذلك بمليون ضعف، إِلى الخلية وآليتها، عندئذٍ ندخل إِلى عالم مختلف من تعقيد لا يمكن تخيّله. مئات من الألوف من الكيانات تؤدي عشرات الألوف من الأمور المختلفة بسرعة مسعورة لا يمكن مشاهدتها داخل بنية ديناميكية معقَّدة على نحو مذهل. وهذا التعقيد لا يمكن أن ينشأ عن فوضى أَو قوى عشوائية، فكل شيء يخطط ويصنع ويضبط داخل الخلية ـ أَو هكذا يبدو لنا.

الخلية مدينة مزدحمة وشاسعة، ولا يمكن معرفة حياتها بصورة

أَو خطة واحدة أَو علم واحد. ولم تكتشف هذه المدينة فجأة ولكنها أصبحت واضحة الآن لأن أدوات بيولوجيا الجزيء والخلية تطورت خلال العقود العشرة السابقة. ولحسن الحظ، الزيادة في التعقيد فيما يتعلّق بالمقاييس الصغيرة ليست غير محدودة، وإِلاَّ لكانت مهمة البيولوجيين يائسة، وعندما نتعمّق ونصل إِلى قياس أصغر من الجسم الإِنساني بمليون مرة، فجأة نجد مرة أُخرى طبقة بسيطة ومألوفة، وهي مملكة الذرات والبروتونات والإلكترونات، التي اكتشفها الكيميائيون والفيزيائيون من قبل، عالم القوانين البسيطة والدقيقة على نحو مُطمئن. ولكن هذا الاطلاع وهذه البساطة المطمئنة لا ينبغي لهما أن يَصرِفنا انتباهنا عن الحقيقة، وهي أن هذه الجسيمات يحكمها قوانين ميكانيكا الكم، وهي أقصى ما وصلت إليه المعرفة والتي لا يصل إلى حدودها إِلاَّ علم الرياضيات. إذاً، هذا عالم لا يمكن تصوّره واقعياً: ليس هنالك صورة أَو مجاز يمكن أن يصف بدقَّة سلوك الإلكترونات والبروتونات والفوتونات. وليس للإلكترونات والفوتونات بنية أَو صورة. وتقع الكيمياء البيولوجية متقلقلة بين العالم المألوف للأشياء اليومية وعالم ميكانيكا الكم الذي لا يمكن تصوّره. والكيميائيون البيولوجيون منقسمون في معالجة الجزيئات، فهم يستخدمون صوراً ومجازات ليصفوا كيانات لها قَدَمٌ واحدة في عالم مختلف كلياً.

إن الخلية كيس مملوء بالماء، فيه جزيئات مختلفة كثيرة تسبح في الماء. ويسمى الجدار المحيط بالكيس غشاء الخلية. ويتحكم

بالجزيئات التي تدخل إِلى الخلية وتخرج منها. وهنالك في داخل الخلية الكثير من أغشية أُخرى تحيط بحجيرات منفصلة. إذاً، لدينا كيس مملوء بالماء (والجزيئات الأُخرى) يحتوي على الكثير من أكياس أصغر ذات حجوم وأشكال مختلفة، وتحتوي كذلك على الماء (وعلى جزيئات أُخرى)، إنها لا تبدو كآلة فعَّالة حتى الآن ـ إنها تشبه كيساً مشبعاً بالماء. ولكننا إذا استعملنا المجهر الإلكتروني بدلاً من المجهر الضوئي، فإننا ننفذ إِلى مقياس أصغر وعندها نرى طبيعة الخلية التي تشبه الآلة.

الخلية صغيرة ولها حجم وشكل يتغيّران ـ يبلغ عرض خلية متوسطة لإِنسان عشرين ميكروناً (0,02 ملم) ـ ولكنها كبيرة إذا قورنت بالجزيئات المحتواة داخلها، ولكن إذا زدنا المقياس بمئة مليون مرة، فإننا يمكن أن نرى الذرة ـ سيبلغ عرضها سنتيمتراً ـ تقريباً بحجم حبة البازلاء، وستبلغ الجزيئات الصغيرة كالسكر والحموض الأمينية وATP خمسة أَو عشرة سنتيمترات ـ أي حجم التفاح والفناجين والمصابيح الكهربائية. بينما ستبلغ البروتينات من عشرين سنتيمتراً إِلى متر ـ أي حجم الآلات أَو الأطفال أَو الإِنسان الآلي. وبهذا المقياس، ستبلغ الخلية المتوسطة (مع أنّها متغيرة الحجم) كيلومترين ـ أي حجم مدينة، ولكن مدينة ثلاثية الأبعاد ـ مدينة كروية شاسعة. وليس هنالك جاذبية داخل الخلية، بسبب الفعالية التي تجري فيها. والآن دعنا ننشئ هذه المدينة في الفضاء الخارجي، سنجد سكانها يسبحون داخلها. يحيط بالخلية غشاء وتنقسم إِلى عدة حجيرات يحيط بها

أغشية داخلية، سماكة كل منها نصف متر ـ كجدار المنزل حسب مقياسنا الموسع. وتحتوي هذه الحجيرات على شبكة معقَّدة من الأنفاق ـ بعرض طريق صغير ـ تربط الأقسام المختلفة من الخلية. ويرتبط بهذه الأنفاق ويسبح في أطراف الخلية الكثير من مادة «الرايبوسوم» وهي المصنع الذي يكون البروتينات، وستبلغ حجم سيارة. وفي الخلية شبكة متصالبة من الكثير من الخيوط ـ وتبلغ بمقياسنا الموسع العوارض الفولاذية أَو الأبراج الحاملة للأسلاك الكهربائية ـ وتقوم مقام الهيكل العظمي في الخلية. أما الجسيمات المسماة ميتوكوندريا Mitochondria، فهي محطات الطاقة في الخلية، وستبلغ حجم محطة توليد الكهرباء ـ وسيكون هنالك الآلاف منها في كل خلية. وللخلية نواة واحدة ـ وهي بنية كروية كبيرة، ويبلغ عرضها الكيلومتر ـ تفكر بالخلية وهي مخزن دائم من المعرفة من أجل التطوير. إذاً تَخيَّلْ هذه الخلية الموسعة بصورة كبيرة، كمدينة تسبح في الفضاء، يسكنها البلايين من أجهزة الإِنسان الآلي الصغيرة المختصة، تقوم بآلاف المهام المختلفة، تصنع وتهدم وتحرِّك تريليونات من الجزيئات الأُخرى لكي تغذي الخلية وتشحنها وتأمرها وتصونها. وكل جزيئات الخلية محشورة بإحكام، ولكن يزلق حركتها جزيئات الماء التي تعمل على الكرات المعدنية في الآلة. فالخلية كبيرة إذا قورنت بجزيئاتها. ولكن بهذا المقياس غير المألوف، سيبلغ جسم الإِنسان عشرة أضعاف حجم الكرة الأرضية. إذاً، هنالك الكثير الكثير من الخلايا في الجسم.

ولكن هذا يعطينا صورة ساكنة نوعاً ما عن الخلية، والتي هي في الواقع في حركة مسعورة. فجميع الجزيئات تهتز وتدور وتصدم جيرانها حوالي بليون مرة في الثانية، هذه الحركة المهتزّة باستمرار تشحنها طاقة حرارة الجسم، الحركة العشوائية للجزيئات. وهذا الاهتزاز العشوائي هو الذي يجعل كل الجزيئات الأصغر تتحرَّك بلا نهاية حول الخلية، ولا يعيقها إلاَّ الأغشية ونَزْعَتُها إِلى الالتصاق بجزيئات أُخرى. والأمر يشبه لعبة الكرة والدبابيس المتعذر التحكّم بها، التي فيها تريليونات من الكرات وقد زادت سرعتها بلايين المرات. وبما أن هنالك فعالية بدون احتكام أَو جاذبية، لذلك فهي لعبة ثلاثية الأبعاد. هذا السلوك العشوائي لكل الجزيئات، والذي يُدعى الانتشار، يجعل جزيئاً مثل ATP يزور معظم أقسام الخلية في كل ثانية، مصطدماً في الواقع بملايين الجزيئات الأُخرى. أما الجزيئات الأكبر مثل البروتينات، وهي آلية الخلية، فإنها تتحرَّك بهيبة وجلال. وإذا لم تلتصق بالأغشية أَو الخيوط، فإنها تهتز وتدور حوالي مليون مرة في الثانية. وتقوم الأنزيمة أَو الآلات الجزيئية الأُخرى بوظيفتها فتجمع أَو تفكك جزيئات أُخرى حوالي ألف مرة في الثانية الواحدة.

في هذه المدينة المزدحمة، هنالك نوعان رئيسيان من الآلات تقوم بمعظم الأشياء المشوقة في الخلية: هما الأنزيمات والنواقل. أما الأنزيمات فتحول نوعاً من الجزيئات إِلى آخر (وذلك بنزع جزء أَو إضافة شيء أَو أخذ قطعة من جزيء وإضافته لآخر). أما النواقل

فتحمل الجزيء عبر أغشية حجيرة إِلى أُخرى، وتحتل، بصورة طبيعية، مكاناً في الأغشية المختلفة للخلية. وتقوم بعملها وذلك بربط جزيئات خاصة بعضها مع بعضها الآخر. ومن ثم يغير الناقل الشكل ويُحرر الجزيء على الجانب الآخر من الغشاء. وتسبح الأنزيمات عموماً في حجيرات مختلفة من الخلية (أنزيمات خاصة في حجيرات خاصة) أَو ترتبط بالبُنى المختلفة للخلية.

تُعْتَبَرُ الأنزيمات والنواقل اليوم آلات جزيئية متقنة الصنع. وربما هنالك حوالي عشرة آلاف نوع في كل خلية. ويتراوح عدد النسخ الموجودة من كل نوع في الخلية الواحدة من عشرة إِلى أكثر من مئة مليون، حسب السرعة التي تحتاجها الخلية لكي تقوم بوظيفة محددة عبر كل أنزيمة أَو ناقل. وكل واحد منهما يؤدي مهمة واحدة فقط، ولكنه يفعل ذلك مراراً وتكراراً، ليصل عدد المرات إِلى ألف مرة في الثانية. قد تأخذ أنزيمة محددة نوعاً من الجزيئات (المادة الخاصة لفعل الخميرة) من آلاف من الجزيئات المختلفة في الخلية، محولة إِيَّاه إِلى جزيء مختلف قليلاً (المنتَج). وتصدم الأنزيمة الجزيء الخاضع لفعلها وترتبط به وتحوله إِلى الجزيء المنتج ثم تطلقه. عندئذٍ تكون الأنزيمة طليقة لترتبط بالجزيء التالي الخاضع لفعلها. وتحول الأنزيمة الكثير من الجزيئات الخاضعة لفعلها إِلى جزيئات منتجة كل ثانية.

ولكن الأنزيمات والنواقل ما هي إِلاَّ تشكيلة واسعة من الآلات الجزيئية الموجودة داخل الخلية. ويصون الخلية سقالات معقدة

تتكون من أنواع مختلفة من خيوط متصالبة تعرف باسم الهيكل العظمي للخلية. وليست هذه البنية ثابتة أَو نهائية الشكل. إنها تتشكّل وتتفكّك باستمرار، لأنها ليست مبنية من لبنات ميتة ولكن من بروتينات حية، مستخدمة الجزيء ATP ليشحن اتحادها وتفكّكها. وتَسْتخدمُ آلات أُخرى هذه السقالة كي تنقل بعدئذٍ كل أنواع الأَشياء الموجودة حول الخلية. وهنالك اثني عشر نوعاً من البروتينات المزودة بمحرّك تندفع على طول الخيوط المختلفة حاملة أثقالاً مختلفة كالبروتينات الأُخرى وجسيمات الميتوكوندريا. وتنتقل الآليات المختلفة على طول أنواع مختلفة من الخيوط، بعضها في اتجاه والبعض الآخر في اتجاه آخر، وتمكنها البروتينات التي تلائم بينها أن يحمل كل منها أحمالاً مختلفة بواسطة الجزيء ATP كلي القدرة (تستخدم آليات مشابهة لشحن التقلّص العضلي).

إن الجزيء ATP الذي يزود تلك الآليات بالطاقة، هو نفسه مكون من محرِّك ضخم يدور على محور ويعمل بالكهرباء. وهذا المقدار من الطاقة يسمح للآلات البروتينية أن يكون لها وظائف ديناميكية ـ كالساعات والمحركات ومفاتيح التحويل وعوامل التجميع ومعالِجات المعلومات. ويستخدم المزيد من هذه الآليات المعقدة لتكوين DNA واستنساخ الجينات، وتشكيل البروتينات أَو تحطيمها، ونقل المعلومات عبر الغشاء. وتحتاج كل واحدة من هذه العمليات أنشطة منسّقة لعشرة أَو أكثر من البروتينات لتعمل معاً كآلة متكاملة موحدة، على نحو يُنَفِّذُ كل نشاط بدوره، قبل الانتقال إِلى النشاط التالي. ومن

حيث المبدأ، يمكن لجميع هذه العمليات أن تسير عكس اتجاهها، ولكن هذا سيسبب كارثة للخلية. تصور، مثلاً، لو أن آلة تشكل البروتينات، عملت عكس اتجاهها وبدأت تفكّك البروتينات. ولذلك تستخدم الآلات ATP لكي تدفع المهام التي تقوم بها في اتجاه واحد فقط.

إن تصنيع البروتينات أكثر عملية مدعاة لاستهلاك الطاقة داخل الجسم. فعندما تكون في وضعية مريحة، يُسْتهلكُ خمس طاقتك من أجل تصنيع البروتين، بالرغم من أن هذا البروتين يتحلّل مرة أخرى. وخلال النمو يَستهلكُ تصنيعُ البروتين المزيدَ من الطاقة ـ حوالي نصف الإنتاج السريع للطاقة لدى الأطفال يُسْتهلكُ من أجل هذا. إنها عملية باهظة الثمن، ولكن البروتينات من أهم عناصر الخلية. إن البروتينات عبارة عن آلات تفعل كل شيء: إنها تنقل وتنظم وتُصنِّع وتحلِّل كل الجزيئات (والبروتينات الأُخرى كذلك) إنها تصنع الطاقة وتُقلّص العضلات وتعالج المعلومات. إنها هرمونات الخلية كذلك، ومضادّاتها الحيوية، وعضوها الحسِّي ومكونات بنيتها. وتقوم البروتينات بكل العمليات الحيوية للخلية، بينما تعمل DNA فقط كمستودع سلبي للمعلومات (مواد بنية البروتين) تستخدمه البروتينات. وتُستخدم الدهون إما كوقود طاقة أَو لصنع أغشية الخلية. ويشغل الماء معظم حجم الخلية (نحو سبعين بالمئة) أما الحيز الباقي، من أربعين إِلى ثمانين بالمئة، فيشغله البروتين: فالخلية إذاً مليئة بالبروتين. ولكن ليس من طبيعةٍ أَو تكوينٍ واحد. ففي كل خلية

هنالك عشرة آلاف إلى عشرين ألف نوع من البروتين، وكل نوع يقوم بوظيفة مختلفة.

هنالك اهتمام كبير ينصب على DNA والجينات هذه الأيام باعتبار أن DNA أهم قسم للخلية. وعلى كل حال، وبلغة العمل اليومي للخلية DNA غير هامة نسبياً. بل في الواقع، تَنْبُذُ بعضُ الخلايا، كخلايا الدم الحمراء، DNA الخاصة بها، وتعيش بسعادة غامرة ـ إلى أن تحتاج المزيد من البروتين. إن البروتينات هي التي تفعل كل شيء تقريباً في الخلية، بما في ذلك تَصنيع وتنظيم DNA. إن DNA صيغة ساكنة من المعلومات، تشبه المكتبة، وتزودنا بصورة عن البروتينات ـ وهي الآلية الفعلية للخلية. وكل مورث (وحدة من DNA) يخطط لنوعٍ واحدٍ محددٍ من البروتينات داخل الخلية. وهكذا تزودنا المئة ألف مورّث الناشئة عن جهاز الإنسان للمورثات (كل أل DNA في الخلية) بالمعلومات الضرورية لتكوين المئة ألف نوع من البروتين التي تعمل لتكمل إنساناً.

إن متابعة تسلسل DNA في جهاز المورثات (المجموعة الكلية من المورثات) أمر يستنزف المال ويبدِّد الوقت. ولكن هذا الأمر لا شيء على الإطلاق إذا قارنا ذلك بمعرفة الهدف من تنظيم المئة ألف بروتين من قبل المئة ألف مورث. إننا نعرف ما يفعله اثنان بالمئة من البروتينات بتفصيل كافٍ، وقد استغرق ذلك حوالي مئة سنة. وأول من تحدَّث في هذا الموضوع جوستوس ڤون لايبيغ سنة 1824، حيث شُبِّهتْ البروتينات بالأنزيمات في نهاية القرن. وبُدئ فهم بنيتها

بالتدريج خلال القرن العشرين. وفي البداية، هنلك من استنبط أن البروتينات تتألّف من خيط طويل من الأحماض الأمينية، أي سلسلة من الجزيئات الصغيرة، وهنالك حوالي العشرين نوعاً منها. ثم ابتكر الكيميائي البيولوجي البريطاني فريد سانغر Fred Sanger طريقة بارعة من أجل معرفة السلسلة التي تَرَتَّبتْ بها الأحماض الأمينية بعضها مع البعض الآخر. واستخدم هذه الطريقة ليدرس الإنسلين، هرمون البروتين الناقص في البول السكري. ويتحول خيط الأحماض الأمينية الذي يكون البروتين إِلى شكل ثلاثي الأبعاد، مختلف من أجل بروتينات مختلفة. لقد كان من الصعب أن نستنبط التركيب الثلاثي الأبعاد، ومع ذلك كان أمراً ضرورياً كي نفهم كيف كانت تعمل البروتينات كآلات، في الواقع.

وجد ماكس بيروتز Max Perutz حلاً لهذه المسألة وحَدَّد التركيب الثلاثي الأبعاد للبروتينات وذلك باستخدام أشعة إكس. ولد بيروتز في ڤيينا سنة 1914، وانتقل إِلى بريطانيا بعد ظهور النازية، واعتُقلَ في النهاية في كندا كشخص أجنبي معادٍ أثناء الحرب العالمية الثانية. وعاد بعد ذلك إِلى مخبر كافنديش Cavendish في مدينة كامبريدج ليدرس كيف يمكن استخدام أشعة إكس لتحديد بنية الجزيء البيولوجي. وانضم إِلى المخبر نفسه فرانسيس كريك Francis Crick وجيمس واتسون James Watson سنة 1949 و1951 على التوالي. ونجحا في معرفة تركيب DNA سنة 1953. أما مهمة بيروتز Perutz فكانت أكثر صعوبةً. فقد عمل حتى سنة 1960 ليحدد في النهاية بنية

بروتين واحد ـ الهيموغلوبين. وتابع بعد ذلك شارحاً كيف كان يعمل الهيموغلوبين كآلة من أجل امتصاص ونقل وتنظيم وإطلاق الأوكسجين في الدم، مبيناً كيف كانت بنية الهيموغلوبين تتحرك أَو تتنفس خلال وظيفة نقل جزيء الحياة. كما أنشأ بيروتز MRC وحدة (مجلس البحث الطبي) من أجل البيولوجيا الجزيئية في كامبريدج سنة 1962 الذي استحق الكثير من جوائز نوبل منذ ذلك الحين. ومن بينها جائزة نالها بيروتز Perutz سنة 1962. وجائزتان نالهما فريد سانغر Fred Sanger لابتكاره أساليب متابعة البروتين وDNA. وجائزة نالها آرون كلاغ Aaron Klug لتحديد كيف تتجمع البروتينات معاً. وجائزة حصل عليها سيزر ميليستين César Milstein لاكتشافه تصنيع بروتينات نظام المناعة (الجسم المضاد لوحيد الخلية)، وجائزة جون ووكر John Walker لاكتشافه الجينات وتحديد بنية البروتين المزوَّد بمحرك الذي يصنع ATP. وكان في تلك الوحدة كذلك سيدني برينر Sidney Brenner الذي اكتشف الساعي RNA وشارك في تحديد الأنظمة الوراثية، وهاغ هاكسلي Hugh Huxley الذي حدَّد آلية وبنية العضلات. وهكذا نجد أن وحدة مجلس البحث الطبي شاركت في تكوين علم بيولوجيا الجزيء الذي ساد القرن العشرين. ويتطلع القرن الواحد والعشرون بتصميم أن يسوده تطبيقات تلك المعرفة في مجالات مختلفة مثل الهندسة الوراثية والزراعة والطب والإلكترونات وعلوم الصيدلة. ويهتم جانب كبير من البيولوجيا الآن بالبروتينات بأسلوب أَو بآخر، أما متابعة دراسة جهاز المورثات، فيطرح دافعاً

كبيراً لمعرفة ماذا تفعل هذه الآلات البروتينية؟ وكيف تعمل وكيف يمكن تغيير ذلك؟

سلسلة الأنزيمات التي تحول الجزيء من شكل إلى آخر من خلال الوسطاء تُعرف باسم الطريق الاستقلابية. وإن جزيئاً قد يتبع هذه الطريقة داخل الخلية فيتحول من شكل (المادة الخاضعة لفعل الطريق) إلى آخر (المنتج من الطريقة) من خلال عدد من الأشكال الوسيطة. وهنالك عدة طُرق استقلابية مختلفة في الخلية التي تربط عدة جزيئات مختلفة، كما أن معظم هذه الطُّرق مرتبطة على نحو يمكن فيه لمنتَج طريق أن يكوِّن المادة الخاضعة لفعل الطريق أَو الوسيط لمادة أُخرى. وهكذا نجد أن كل أولئك يشكِّلون شبكة ضخمة داخل الخلية. والجزيئاتُ تدخل الخليةَ من الدم بواسطة النواقل ثم تتبع طريقاً أَو أكثر من هذه الطرق حتى تتحوّل إلى منتجات نهائية (مثل ثاني أوكسيد الكربون أَو الماء) ثم تترك الخليةَ بعدئذٍ منقولة من قبل الدم. أما النواقل فجزء لا يتجزأ من هذه الطرق، وعليها أن تنقل المواد الخاضعة لفعل الطريق إلى داخل الخلية. كما ينبغي أن تنقل الوسطاء عبر أغشية مختلفة داخل الخلية. وربما ينبغي على المنتجات النهائية أن تُنقل خارج الخلية.

وهنالك ثلاثة أنواع من الطرق في الخلية، وكل نوع منها ينقل نوعاً مختلفاً من الأشياء:

1 ـ طرق نقل المادة (أَو الطرق الاستقلابية) التي تنقل أقساماً من الجزيئات.

2 ـ طرق نقل الطاقة، التي تنقل الطاقة.

3 ـ طرق نقل الإشارة، التي تنقل المعلومات.

كان تاريخ الكيمياء والبيولوجيا في القرن العشرين معنياً كثيراً بمحاولات متابعة هذه الطرق من خلال شبكة كبيرة من تفاعلات تحدث داخل الخلية. ورُسمت تفاصيل الطرق الاستقلابية غالباً في النصف الأول من هذا القرن، ورسمت تفاصيل طرق نقل الطاقة من أربعينيات القرن العشرين إِلى الستينيات، وتفاصيل طرق نقل الإشارة من الستينيات إِلى وقت قادم في المستقبل. وطرق نقل الإشارة تؤدي من الهرمونات أَو جزيئات إشارة أُخرى خارج الخلايا، من خلال عضو الحس، مجتازة أغشية الخلية إِلى طرق «الساعي الثاني» داخل الخلية، ومن خلال أنزيمات خاصة التي تحول أنزيمات أُخرى على شكل سلسلة، ومنتهية إِلى آلات بروتينية خاصة مطفأة أَو مشتعلة. أَو يمكن أن تؤدي طرق الإشارة إِلى خلية DNA وتقوم بالمراقبة، سواء كان هنالك مورثات خاصة مطفأة أَو مشتعلة وإذا كان هنالك بروتينات خاصة تُصنع أم لا. هذه الطرق تنقل وتعالج المعلومات من بيئة الخلية (ومن خلايا أُخرى في الجسم)، وذلك لتساعد في تحديد الأنزيمات والنواقل والمورثات التي يجب أن تستخدمها الخلية وبأي معدل يجب أن تعمل. إن معظم طرق نقل الإشارة ربما ما تزال غير مرسومة التفاصيل.

لقد زَيَّنت مصورات طرق الاستقلاب والطاقة والإشارة جدران المخابر البيولوجية حول العالم حتى عهد قريب، علماً أنّها تُعتبر أقل

شأناً الآن لأن بيولوجيا الجزيء أبطلت هذا الأسلوب. وساعدت هذه المصورات مهمة أُخرى مشابهة للمصورات الجغرافية لمناطق معروفة قليلاً، فساعدت في التوجيه والعمل كدعم نفسي لمكتشف الخلية الذي يخوض أدغالاً من التفاعلات الخليوية يصعب أن يخرج منها أحد. ولو كان هنالك مصور واقعي لكل تلك الطرق مع كل المعلومات المتوفرة، لكان مصوراً فوضوياً، لا ترتيب فيه ـ الآلاف من الجزيئات مرتبطة بآلاف من الطرق المختلفة. وسيكون من السهل أن تضل الطريق في مصورنا الخاص. وعلى كل حال، سيزود رسم تفاصيل الخلية وآليتها البيولوجيين بالعمل في المستقبل المنظور.

والخلاصة، إن الخلية، حسب المقياس الجزيئي، يمكن أن تُرى كمدينة كبيرة يسكنها البلايين من الآلات المتحركة، متفاعلة مع تريليونات من الجزيئات في حالة من الفوضى ظاهرياً. وليس هنالك موجهٌ عام لهذا النشاط. وفقط حسب مصور أَو مخطط نستطيع أن ندرك أن النشاط (الفوضوي ظاهرياً) يشكِّل سلوكاً مترابطاً وله هدف أَو معنى، وذلك حسب المقياس الأكبر من السابق. أما إدخال وتوزيع الطعام والطاقة والمعلومات فأمر ضروري من أجل صون وظيفة وتكاثر الخلية أَو المدينة.

وبعد أن فهمنا المزيد عن الخلية الآن، هل نستطيع أن نقول فيما إذا كانت الخلية آلة؟ جانب من السبب الذي يجعلنا أن نسمي شيئاً آلة هو أننا نعتقد أننا نفهم كل أجزائه، وكيف تعمل وأي وظيفة تقوم بها؟! إذا كنا لا نعرف مكونات شيء ما، وكيف تعمل ولماذا، إذاً من

غير المحتمل أننا سنفكر به كآلة! حسب هذه المعايير ستصبح الخلايا آلات. وعلى كل حال، يقوم مفهومنا عن الآلة على الموضة السائدة أَو التكنولوجيا. فإذا عدنا إِلى سؤالنا الأصلي: هل الإِنسان آلة؟ من أجل أن يكون الإِنسان آلة ينبغي أن يكون مُصَمَّماً من أجل هدف. وفي الماضي كان يمكن للدين أن يقدم المُصَمِّم والهدف. واليوم يقول البيولوجيون التطوريون إن التطور بالانتقاء الطبيعي يقدم المصَمِّم أما بقاء وتكاثر المورثات فيقدمان الهدف. فإذا كان الرجل آلة، فإن دوره الحقيقي يقوم على صون النساء. وتبقى مسألة الإرادة الحرة والذاتية. الاعتراض على وصف الإِنسان كآلة يعود إِلى الاعتقاد أن له عقلاً يوجه نشاطه الجسدي. ولكن العقل أَو الروح قد رفضهما بعض البيولوجيين (مثل فرانسيس كريك Francis Crick) وبعض الفلاسفة (مثل غيلبيرت رايل Gilbert Ryle) معتبرين العقل مجرد «شبح في الآلة». وفي المستقبل قد لا يهم كثيراً فيما إذا كنا قد صُنِّفنا كآلات أم لا، لأن الآلات قد تصبح أكثر إِنسانية ونحن قد نصبح أكثر اندماجاً أَو التصاقاً بالآلات.

الفصل 5

الجسم الكهربائي

يعمل الجسم والعقل بالكهرباء، وتُزَوَّدُ خلايانا بالطاقة بواسطة مجالات كهربائية هائلة تدفع تيارات من الجسيمات المشحونة خلال عدد لا يحصى من الأسلاك الدقيقة. وهنالك أربعة أنواع مختلفة من الكهرباء الخلوية تحرِّك آلات دقيقة: محركات، وبوابات، ومضخات، ومزاليج، ومصانع كيميائية. أما السرعة فكبيرة على نحو لا يُتصور، والقوى الكهربائية ضخمة، والشرر المتطاير يهدِّد الحياة. هذا هو السر الحقيقي للطاقة الحية كما أن الكهرباء هي القوة الحيوية الحقيقية.

يبدو من الصعب في البداية أن نصدِّق أن الناس تتحرَّك بالكهرباء. فإذا لمسنا الجسم، فإننا لا نصاب بصدمة، وليس هنالك شرر نشاهده ولا يقف شعر رأسنا. ويرجع السبب إِلى المقياس الدقيق الذي تعمل به الدارات الكهربائية البيولوجية. وهي دقيقة على نحو لا يخطر على بال مصمِّم الرقائق المجهرية. وتنعزل الشحنات الكهربائية

بواسطة سماكة الغشاء ـ التي تبلغ خمسة أجزاء من بليون من المتر أَو أقل من جزء من مليون من عرض الظفر. والقوة المحرِّكة الكهربائية صغيرة على نحو مماثل، حوالي 0,1 ڤولت، ولذلك ليس هنالك فرصة للإصابة بصدمة كهربائية (وللمقارنة، القدرة الكهربائية المنزلية التي يمكن أن تصيبك بصدمة تعمل بقوة كهربائية تتراوح بين 120 ـ 240 ڤولت. إن 0,1 ڤولت عبر خمسة أجزاء من بليون من المتر يشكِّل مجالاً كهربائياً فيه عشرون مليوناً من الڤولتات في المتر، وهذا أكبر بكثير من مجال العاصفة الرعدية التي تسبِّب البرق ـ حوالي مليون ڤولت في المتر. ويشكِّل هذا المجال قوة كهربائية ضخمة تحاول أن تدفع الجزيء المشحون كهربائياً عبر الغشاء. وهكذا تصبح الأغشية الخليوية مزودة بالطاقة الكهربائية وتُوزِّع الكهرباء في أنحاء الخلية. ويكون داخل الجسم رطباً وليناً وسبعين بالمئة منه ماء. وهذا يجعله منطقة غير مناسبة للكهرباء، لأن الكهرباء كما نعلم تنتقل عبر أسلاك معدنية صلبة محاطة بعازل بلاستيكي وتسبِّب مشاكل إذا اختلطت بالماء. وعلى كل حال، إن السبب الذي من أجله لا ينبغي للماء والكهرباء أن يختلط هو أن الماء ناقل جيد للكهرباء، مع أن الكهرباء في الخلية لا تُنْقل بواسطة الإلكترونات، (كما هو الحال في الأسلاك)، ولكن بواسطة البروتونات والملح (كلوريد الصوديوم) داخل الماء. فإذا وضعنا أسلاكاً مشحونة بالتيار الكهربائي في حوض الاستحمام، فإننا نستطيع أن نقتل قطة (أَو أنفسنا) كما أنه يمكن زيادة التيار بإضافة الملح إِلى ماء الاستحمام. وعلى نحو مشابه، وفي

داخل الخلية، تُحْملُ التيارات الكهربائية من قبل البروتونات والملح اللذين يتحرَّكان في ماء الخلية.

تبدو الكهرباء غامضة. فهي تتسلَّل تحت أرض غرفنا وخلال جدراننا لتزود بصمت منازلنا ومدننا بالطاقة. وتندفع عبر السماء على شكل البرق، الذي كان سلاحاً مخيفاً. والآن يبدو أن أجسامنا الخاصة بنا وأرواحنا مشحونة بها. ولكن ما هي الكهرباء؟ إنها تيار من الشحنات ـ تماماً كتيار من الماء في الجدول. يجري الماء من أرض مرتفعة إِلى أرض منخفضة تحت قوة الجاذبية. وتجري الشحنة الكهربائية من مناطق ذات شحنة عالية إِلى مناطق ذات شحنة منخفضة مدفوعة بالقوة الكهربائية. وما الشحنة إِلاَّ مجرد مادة يمكن أن تُدْفع أَو تُسْحب من قبل القوة الكهربائية. والمادة مؤلفة من مزيج من الإلكترونات (المشحونة سلباً) والبروتونات (المشحونة إيجاباً) والنيوترونات (محايدة ـ بدون شحنة). ومعظم المادة مكونة من عدد متساوٍ من الإلكترونات والبروتونات وجسيمات متعادلة الشحنة. ولكن إذا كان هنالك زيادة في عدد الإلكترونات عندئذٍ تشحن المادّة سلباً، وإذا كان هنالك زيادة في عدد البروتونات عندئذ تشحن إيجاباً. وجريان الشحنات داخل السلك سببه جريان الإلكترونات التي تستطيع أن تمر خلال المعدن بسبب حجمها المتناهي الصغر، وبسبب ارتباطها غير المحكم بالمعدن. ولا يشترط بالكهرباء أن تُنقل بالإلكترونات، لأن أي شحنات متحرِّكة يمكن أن تقوم بذلك. وتُنقل الكهرباء داخل خلايا جسمنا بالإلكترونات أَو البروتونات أَو الفوسفات

أَو إيونات الصوديوم. ويشكِّل الصوديوم نصف الملح المشترَك. وعندما ينحل الملح في الماء، يطفو الصوديوم متحرِّراً من الكلوريد، ولكنه يفقد إلكتروناً لصالح الكلوريد، ولذلك يصبح للصوديوم شحنة موجبة زائدة. «والأيون» ذرة أَو جزيء له شحنة، ولذلك أيون الصوديوم هو ذرة صوديوم بشحنتها الموجبة. أما الفوسفات فعبارة عن جزيء صغير يُسَمِّد به المزارعون نباتاتهم، ويصبح له شحنة سالبة عندما يُحل بالماء. وكما أن الماء الجاري في الجدول يستطيع أن يقوم بعمل، كدفع دولاب طاحونة مثلاً، كذلك الشحنة الكهربائية في السلك تستطيع أن تقوم بعمل وذلك بدفع الشحنات الموجودة في المحرك الكهربائي. إن القوة الكهربائية أعظم بكثير من قوة الجاذبية، ولذلك تستطيع أن تقوم بعمل أكبر إذا قارناها بقوة الجاذبية.

لاحَظَ الإغريق القدماء بعض الخصائص الغريبة للكهرباء. وكان الفيلسوف طاليس Thales يعرف أنّه إذا دَلَك العنبر، فإنه يجذب أجساماً أُخرى. وكان أبقراط يعلم أن السمك الرعاد الكهربائي يسبِّب صدمة، واستعمله فيما بعد لمعالجة الصداع. ولكن أول دراسة علمية جرت، كانت على يدي وليام غيلبيرت William Gilbert طبيب الملكة إليزابيث الأولى الذي مَيَّز بين القوى الكهربائية والمغناطيسية. كما أنّه هو الذي صاغ كلمة «كهربائي» (من الكلمة الإغريقية «إلكترون» وتعني عنبر). وساهم الكثير من العلماء بمن فيهم بنيامين فرانكلين وجوزيف بريستلي في تقدم فهم خصائص الكهرباء في القرن السابع والثامن عشر. وهنالك من شَبّه الكهرباء بقوة حيوية أَو بالروح. وقد أكّد ذلك

بوضوح لويجي غالڤاني وذلك باكتشافه المثير سنة 1770 عن الكهرباء الحيوانية. كان غالفاني (1737 ـ 1798) طبيباً إيطالياً، اكتشف بالصدفة عند تقطيع أوصال ضفدع، أن شرارة كهربائية قد مرت من المشرط إلى عصب الساق، مسبِّبة تقلّص عضلة الضفدع. وقد أدَّت هذه التجربة إلى عدد من التجارب المرعبة، ومن بينها، شطر ضفدع إلى نصفين أثناء ليلة عاصفة، وربط عصب ساقها بسلك يتجه نحو السماء. ومن الملفت للنظر أن السيقان قد تقلَّصت عندما كان هنالك رعد وبرق. وعندها وُلِدَت قصة وحش فرانكينشتاين وكذلك قوة الحياة الكهربائية. الكونت أليساندرو ڤولتا (1745 ـ 1827) فيزيائي إيطالي، استخدم هذه الأفكار ليبيِّن أن الكهرباء كانت حقاً القوة وراء السيالة العصبية والتقلّص العضلي. وهكذا كان يُنْظَرُ إلى الكهرباء أنها كانت مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالقوة الحيوية، وإذا كان هنالك شيء يستحق أن يدعى قوة حيوية فهو الكهرباء.

ولكن من أين تأتي الكهرباء التي تحرِّك أجسامنا، إذاً؟ إنّها تأتي من الطعام الذي نتناوله والهواء الذي نستنشقه. تُنزع الإلكترونات من الطعام وتُلقم للأوكسجين داخل خلايانا. وأثناء الانتقال من الطعام إلى الأوكسجين تمر الإلكترونات من خلال «سلسلة نقل إلكترونية» تتألَّف من سلك مكون من ذرات النحاس الحديد متوضعة في البروتينات الموجودة في الغشاء. وتُلقم الإلكترونات إلى السلك من جزيئات الطعام بطاقة كبيرة وتُسحب الإلكترونات من الطرف الآخر للسلك إلى أوكسجين بطاقة منخفضة. وهكذا يجري تيار كهربائي

على طول هذا السلك والذي يمكن استخدامه ليقوم بعمل، لأن السلك يمر خلال آلات بروتينية مختلفة موجودة في الغشاء. وهذا مشابه للماء الذي يجري في أنبوب أَو نهر. فهو يُدْفع من طرف ويُسْحب من الطرف الآخر. وتُدْفع الدواليب بالماء الجاري لكي تقوم بالعمل المطلوب. وهكذا يُدار الدولاب بالماء الذي يجري من مستوى طاقة عالية (أعلى من الدولاب) إلى مستوى طاقة منخفضة (في المستوى المنخفض من الجدول). وعلى نحو مشابه، يُحرِّكُ تيارٌ من الإلكترونات الذي يمر من خلال سلسلة النقل الإلكترونية، من المستوى العالي للطاقة إلى المستوى المنخفض للطاقة آلات مختلفة (المضخات البروتينة)، لأنه ينبغي عليها أن تتوقف وتُنْقل بين جزيئات مختلفة من السلسلة، التي تشبه قناة عليها حواجز وطواحين وبرك الطواحين.

أدَّى مفهوم تيار الإلكترونات المار من خلال سلسلة نقل إلى تكوين آراء متعارضة لكل من هينرك وايلاند Heinrich Wieland (1877 ـ 1957) وأوتو ووربيرغ (1883 ـ 1970) Otto Warburg. وقد أمضى هذان الكيميائيان البيولوجيان الكثير من مهنتهما الشهيرتين في نزاع مع بعضهما انتهى بهدنة في الحرب العالمية الأولى عندما خدم ووربيرغ في سلاح الفرسان على الجبهة الشرقية، وعندما كان وايلاند مديراً لمشروع الحرب الكيميائية. ويمكن أن يُنظر إلى وايلاند كنموذج للعالِم التحليلي الدقيق، فقد درس بعناية فائقة قلب القوى الباطنية في الفرد. وصنع وحدد بنية الكثير من السموم القاتلة، كما عمل على

تشكيل مركب كيميائي من أصبغة تُعطي ألواناً مشابهة لأجنحة الفراشات. وكان قد مُنحَ جائزة نوبل سنة 1927 لتحديد البنية الكيميائية لمركبات الستيرويد، علماً أنه تبين فيما بعد أن ذلك لم يكن صحيحاً. أما ووربيرغ فكان عليه أن ينتظر حتى سنة 1931 لينال جائزة نوبل، وهذا ما أغضبه كثيراً. ولكن غطرسته وسوء طبعه يُرَجِّحُ عليهما ذكاؤه وألمعيته. كان ووربيرغ مديراً لمعهد ماكس بلانك لفيزيولوجيا الخلية في برلين حتى سنة 1941، عندما أُبعدَ عن منصبه من قبل النازيين لأن أحد والديه كان يهودياً، ولكن مقامه الدولي ونفعه كانا كبيرين ولذلك أُعيد تنصيبه مرة أُخرى وَرُشِّح لجائزة نوبل ثانية، علماً أن القوانين النازية منعته من قبولها.

بَيَّن علماء القرن الثامن والتاسع عشر أن الطعام الذي تهضمه القناة الهضمية كان يحترق باستعمال أوكسجين الهواء الذي نتنفسه داخل كل خلية من الجسم: أي عمليات التنفس الخليوي. والمشكلة التي واجهها علماء الطاقة البيولوجيية أوائل القرن العشرين كانت عن كيفية وصول الإلكترونات من الطعام إِلى الأوكسجين. وليس هذا بسؤالٍ تافه لأن الإلكترونات لا تستطيع أن تنتقل وحدها (إِلاَّ إذا نُقلت بواسطة معدن كالحديد أَو النحاس) ـ ولذلك لا تستطيع معظم الأشياء أن تنقل الكهرباء. ولكن يمكن للإلكترونات أن تنتقل من جزيء إِلى جزيء إذا اجتمعت مع البروتونات مثل ذرات الأوكسجين (إلكترون واحد وبروتون واحد يساوي ذرة هيدروجين). وقال وايلاند إن آلات الجزيء (الأنزيمات) داخل الخلايا تفصل الهيدروجين عن الطعام.

وهذا «الهيدروجين المُنشَّط» H يتفاعل بطريقة ما مع الأوكسجين O_2 ليشكِّلا ماءً H_2O. وَبُنِيَ رَأيُ وايلاند على أبحاث الكثير من الكيميائيين البيولوجيين في العقدين الأوليين للقرن الثاني عشر الذين قالوا إن هنالك فعلاً آلات جزيئية من خلايانا التي يمكن أن تأخذ الأوكسجين من الطعام ومن جزيئات عضوية أُخرى. وتدعى هذه الآلات بآلات الزهرجة، وتعني أن آلة الجزيء هي التي تُزيل الهيدروجين، كما سُميت النظرية بنظرية زهرجة التنفس.

اعترض أتو ووربيرغ بشدة ـ وقالت نظريته إن التنفس يحدث لأن هنالك آلة داخل الخلايا تشتمل على الحديد الذي يتحد مع الأوكسجين، ويأخذ الأوكسجين الإلكترونات من الحديد وبعدئذ يأخذ الحديد الإلكترونات من الطعام، وكان يعتقد ووربيرغ أن هنالك آلة واحدة «أنزيمة تنفسية» وهي أوكسيديس، أي آلة تستخدم الأوكسجين وتأخذ الإلكترونات من جزيئات أُخرى وتستهلك جميع الأوكسجين الذي استنشقه الجسم واستعمله. وقد توصل ووربيرغ إِلى هذا الاستنتاج بعد اكتشافه سنة 1913 أن كميات ضئيلة من مادة السيانيد كانت تمنع استهلاك أوكسجين الخلايا والأنسجة، وكان من المعروف أن السيانيد والأوكسجين كانا يتحدان بالحديد، واعتقد ووربيرغ (وكان على صواب) أن مادة السيانيد كانت تتحد مع الحديد داخل الأنزيمة التنفسية فتمنع اتحاد الأوكسجين مما يؤدي إِلى منع التنفس (والموت نتيجة لذلك).

لم يَبْرز أَو يَظْفر وايلاند أَو ووربيرغ بشيء، لأن كليهما كانا على

صواب وعلى خطأ، وكان كل واحد منهما ينظر إلى طرف من سلسلة الآلات: وهي سلسلة النقل الإلكتروني. فعلى قمة السلسلة كان هنالك عملية الزهرجة التي كانت تُطلق الإلكترونات من الطعام، وعند أسفلها كانت هنالك عملية أوكسيديس (الآن تدعى أوكسيديس كروموزونات الخلية) التي تحتوي على الحديد الذي ينقل الإلكترونات إلى الأوكسجين. وكأن وولبيرغ وواىلاند كانا يدرسان الطرفين المتقابلين لفيل ضخم (التنفس). وكان الرأس لوايلاند (حيث دخلت الإلكترونات) الذي أكد أن كل شيء وهنالك كان للفيل. وكان الطرف الخلفي لووربيرغ (حيث خرجت الإلكترونات) واعتقد أن ذلك كان ماهية الفيل. إن جهلهما الواضح أمر غير مفاجئ إذا أخذنا بعين الاعتبار الوسائل المتوفرة لهما. إن هنالك في الواقع حوالي ألف آلة مختلفة لكل منهما أنشطة خاصة في الأنسجة. ولكنهما لو علما بذلك لربما أخضعا ذلك للتجربة.

وأخيراً سويت خلافاتهما عندما اكتشفت صلة الوصل بينهما من قبل ديڤد كيلين David Keilin وهو كيميائي بولندي المولد يعمل في إنكلترا كعالم طفيليات. كان هنالك بين الطرف الأمامي والطرف الخلفي للفيل الخيالي سلسلة من كروموزونات الخلية، وهي آلات جزيئية تأخذ الإلكترونات من الزهرجة وتوصلها إلى الأوكسجين. إن كلمة «كروموزونات» تعني صبغيات الخلية، وهي في الواقع مكونات الخلايا التي تعطيها لوناً. وتغير لونها عندما تكسب أو تخسر إلكترونات. ولكن كيف اكتشفها كيلين واكتشف دورها في عملية

التنفس؟! كان كيلين يعمل بأصبغة ألوان الحشرات، وكان يَستعمل موشوراً يُمْسَكُ باليد، تمكن بواسطته أن يحلل الضوء الصادر من النسيج إِلى ألوان طيف قوس قزح. واستطاع كيلين أن يشاهد مباشرة أي الألوان التي كانت تتغير في النسيج. ووجد بعض العُثة بدون هيموغلوبين، الأمر الذي يَسَّر عليه أن يرى أصبغة الجسم عديمة الهيموغلوبين (كروموزونات الخلية). وألصق ظَهْرَ عُثة على الشريحة الزجاجية، ولاحظ أنه عندما كانت تضرب أجنحتها بشدة محاولة الهروب فإن عضلات طيرانها تغير لونها، وكانت تعود إِلى ألوانها عندما توقف تحريك جناحيها. وقد حدث تغير ألوان مشابه، عندما حرم كيلين العُث من الأوكسجين. لقد عذَّب كيلين الطبيعة من أجل الكشف عن أسرار الطاقة الحية. بعدئذٍ فصل كروموزونات الخلية وشرح كيف تُشَكِّلُ سلسلة تتلقى الإلكترونات من الطعام (من خلال عمليات الزهرجة) وَتُمَرِّرُ الإلكترونات إِلى الأوكسجين. (من خلال أوكسيديس كروموزونات الخلية) وهكذا تشكل سلسلة النقل الإلكتروني، أي صلة وصل أفكار وايلاند وَووربيرغ.

تسمح سلسلة النقل الإلكتروني للإلكترونات أن تنتقل من الطعام إِلى الأوكسجين مُوَلِّدَةً إمداداً مستمراً من الكهرباء داخل الخلية. ولكن ماذا تفعل هذه الكهرباء؟ كيف تحرك عضلاتنا وعقولنا؟ أما صلة الوصل التالية في سلسلة الاكتشافات فلم تتشكل حتى سنة 1960 عندما اكتُشِفَ أن كهرباء الإلكترون تُسْتَخدم لتوليد كهرباء البروتون. وتُسْتخدمُ الإلكترونات التي تجري في سلسلة النقل لتشغيل الآلات

التي هي قسم من السلسلة نفسها. هذه الآلات هي «مضخات بروتينية» ووظيفتها ضخ البروتونات خارج المايتوكندريا. وكان ووربيرغ أول من عزل أَو فصل المايتوكندريا كيميائياً عن بقية المواد، وهي عبارة عن جسيمات داخل الخلية وتعمل عمل محطة الطاقة للخلية. وتقع المضخات مع سلسلة النقل الإلكترونية في غشاء المايتوكندريا وتأخذ البروتونات من داخل المايتوكندريا وتضخها خارجها. ولهذه البروتونات شحنة موجبة وتُضخُّ خارجاً وتتجمع الشحنات الموجبة خارجاً، بينما تُتْرَكُ الشحنات السالبة داخل المايتوكندريا، وهذا يشكِّل اختلافاً في الڤولتات في الغشاء يقدر بـ 0,2 ڤولت ومجالاً كهربائياً يقدَّر بأربعين مليون ڤولت في المتر. ولأن هذه الكهرباء مَبنية على البروتونات وليس على الإلكترونات، لذلك تسمى أحياناً كهرباء البروتون. وهكذا، فإن كهرباء الإلكترون التي يولّدها احتراق الطعام في المايتوكندريا تُستخدم من قبل مضخات البروتون لتوليد كهرباء البروتون. ثم تُستخدم كهرباء البروتون هذه لتوليد الشكل التالي للطاقة التي تستخدمها الخلية ـ وهي ATP أَو كهرباء الفوسفات.

نال العالم الإنكليزي بيتر ميتشيل Peter Mitchell (1920 ـ 1992) جائزة نوبل سنة 1978 لاكتشافه أن كهرباء البروتون كانت شكلاً من أشكال الطاقة العامة في الخلايا. وقد تبيّن أن هذه الفكرة وصاحبها كانا مثيرين للجدل والخلاف بصورة كبيرة. وكان ميتشيل يعمل في بحث علمي في مخبرين في كامبريدج وأدنبره لمدة سنوات. ولكنه

هجر المكانين بعد أن وجد أن الجو الأكاديمي يسبِّب له خوفاً مرضياً ناشئاً عن الأماكن المقفلة أَو الضيقة. فأنشأ مخبره الخاص على طرف بودمين مور في منطقة كونوول المحاطة بالخراف وأرض سبخية منعزلة. وأشار عمله إِلى أن المايتوكندريا يمكن أن تضخ وتولِّد مجالاً كهربائياً يُستخدم في تشكيل ATP. وحاول الكثير من العلماء، خلال تلك الفترة، أن يثبتوا خطأ ميتشيل، الأمر الذي غالباً ما كان يؤدي إِلى القضاء على أعمالهم وإفلاسهم، ونشأ نزاع مرير حول أسبقية أفكار وتفسير التجارب الغامضة. فقبل أن يقول ميتشيل إن ATP كان متعلقاً باحتراق الطعام عبر وسيط كهربائي (كهرباء بروتون) كان يهيمن على حقل هذا النشاط كيميائيون يعتقدون أن الوسيط كان مادة كيميائية. ولما كان ذلك الوسيط الكيميائي مجهولاً ويقوم على الافتراض، لذلك عُرف بكلمة «خربشة»، استخفافاً به كما وُصف برمز شبه غامض (∽)، الذي كان يرمز إِلى وصلة كيميائية مشحونة بالطاقة. ومضت عدة سنوات عقيمة في البحث عن هذا الوسيط الذي وُصف بالخربشة، إِلاَّ أن بعض كيميائيي «الخربشة» اهتدوا إِلى فكرة كهرباء البروتون. وكان حقل النشاط نفسه يتغيّر ببطء لأن علماءً من الشباب دخلوا هذا الحقل وتبنّوا قضية كهرباء البروتون بينما تقاعد بعض العلماء الأكبر سناً أَو تخلّوا عن هذا المجال وانتقلوا إِلى أبحاث علمية أكثر خصباً. وهذا يؤكد رأي ماكس بلانك أن الكثير من الأَفكار العلمية لا تنجح باهتداء العلماء إِلى الحقيقة ولكن بحوث خصومهم واحداً بعد الآخر.

في الواقع، كل الطاقة المستخدمة لتشكيل كهرباء البروتون تستعمل فيما بعد لصنع ATP. ولكن ماذا تكون ATP؟ إنها انتشار طاقة الخلية، وهي طاقة فورية وشاملة. وإن أي آلة تحتاج انفجاراً فورياً من الطاقة تأخذها من ATP. ولكن كيف يمكن أن يحدث هذا؟ حَسناً، إن ATP تشبه بندقية الهواء حيث تضغط الطلقة على نابض قوي داخل ماسورة البندقية، ويمسك الطلقة زناد. فإذا ضُغط على الزناد، يتحرَّر النابض دافعاً الطلقة بسرعة كبيرة. إن ATP بندقية كيميائية. ويمثل هذا الاسم المختصر مادة أدينوسين ترايفسفات. والأدينوسين وفوسفاتان تمثل البندقية. والجزيئات الفوسفاتية مشحونة بشحنات سالبة، لذلك يتنافر بعضها مع بعضها الآخر. ولكن هنالك ثلاثة جزيئات فوسفورية في ATP متصلة مع بعضها ومتنافرة بشدّة. وعندما تقطع الصلة بين الفوسفات النهائي والجزيئين الآخرين، فإنه ينطلق كما تنطلق الطلقة من البندقية. أما الجزيء الباقي، وقد نقص منه فوسفات واحد، فيسمى ADP أدينوسين دايفوسفات. أما إعادة فوسفات إِلى ADP وشحن البندقية ثانية، فإنه أمر يأخذ الكثير من الطاقة. وهذا العمل يتم بواسطة آلات ATP المحرِّكة الموجودة في المايتوكندريا، التي تُشحن بكهرباء البروتون.

إن ATP جزيء صغير يتجول عشوائياً في أنحاء الخلية، صادماً عدة آلات مختلفة. إن ATP بندقية مشحونة ولكنها لا تستطيع أن تضغط على زنادها. إنها بحاجة ليد لتفعل ذلك. أما الأيدي فتتوضع على الكثير من الآلات الجزيئية المنتشرة في أنحاء الخلية. وفي

الواقع، تمتد هذه وتمسك ATP عابراً سبيله ثم تستخدمه ليفجر الطاقة. وليس من المفيد الضغط على الزناد دون تسخير الطاقة للقيام ببعض المهام. إن ATP يُمسَكُ بإحكام من قبل الآلة ويُحدّدُ له مكان ملائم بحيث عندما تُقْطعُ الصلة عن الفوسفات الانتهائي، فإن التنافر في الفوسفات يُستخدمُ ليقوم بعمل، كجعل الآلة أن تغير شكلها. بعدئذٍ يُمكن أن يَنطلق ADP وكذلك الفوسفات، وإذا احتاجت الآلة المزيد من الطاقة فإنّها تمسك ATP آخر.

أحياناً، بدلاً من إطلاق الفوسفات من ATP فإن الفوسفات الانتهائي يُربط بآلة بروتينية. وهذا يجعل الآلة الجزيئية تُغيّرُ شكلها بصورة دائمة أَو على الأقل حتى يُنْزعُ الفوسفات ثانية بآلة أُخرى كذلك. إن التغير في الشكل المُسْتَحَث من قبل الفوسفات يمكن أن يُطْفِئ الآلة أَو يُشغِّلها. وهي الطريقة العادية التي يُسيطرُ بها على الآلات البروتينية. وبعض الآلات البروتينية اختصاصية وتتلقَّى المعلومات من طرق الخلية التي تُبَلِّغ بالإِشارة وتضيف الفوسفات من ATP إِلى سلسلة من آلات بروتينية أُخرى، فتطفئها أَو تُشَغِّلها، بينما تخصَّصت آلات بروتينية مختلفة في نزع الفوسفات من البروتينات عندما تُعطى إشارة أن تفعل ذلك، وهكذا يُسْتخدمُ ATP كذلك من أجل نقل المعلومات داخل الخلية.

بعد أن يتشكّل ATP من قبل الميتوكندريا، فإنه يُسْتخدمُ من قبل آلات موجودة في أنحاء الخلية. والمتخلف من هذا التفاعل، أي ADP والفوسفات فيعودان إِلى الميتوكندريا ليتحولا إِلى ATP. إن

لدورة ATP وADP داخل الخلية وظيفة تقوم على توزيع الطاقة إِلى آلاف المستخدِمين المختلفين. واكتُشِفت دورة ATP في الثلاثينيات من القرن العشرين من قبل عدد من الكيميائيين البيولوجيين ومن بينهم ووربيرغ Warburg ومايرهوف Meyerhof. وقد بيع ATP لفترة من الزمن في قارورة كجرعة طاقة أساسية. ولسوء الحظ ليس لتناول ATP تأثير على مستوى طاقتك والسبب أنه لا يستطيع أن ينفذ من خلال غشاء الخلية. إن ATP هو الحامل الرئيسي لكهرباء الفوسفات في الخلية ويستطيع أن ينقل الفوسفات إِلى جزيئات أُخرى. والحامل المهم الآخر للفوسفات هو الكرياتين، وخصوصاً في العضلات الهيكلية، وقد أَخَذَ مؤخراً بناةُ الأجسام والرياضيون بحماسة جرعات كبيرة من الكرياتين كمادة إضافية داعمة. وهنالك دليل مادي يقول إن الكرياتين الغذائي يدخل فعلاً إِلى خلايا العضلات، مما يؤدي إِلى تحسين أداء التمارين مثل رفع الأثقال والسباق القصير. ولكن هذه الزيادات في المستوى والأداء زيادات هامشية على كل حال، وتتطلب مستويات عالية من جرعة غذائية، وقد تشكل خطراً يهدِّد الصحة.

تبلورت دورة ATP من قبل فريتز ليبمان Fritz Lipmann (1899 ـ 1986) وتحولت من مجموعة معلومات وأَفكار متفرقة إِلى نظرية عامة عن نقل الطاقة داخل الخلية. واشترك ليبمان في هجرة العلماء المفاجئة من وسط أوروبا إِلى بريطانيا وأمريكا بسبب ظهور النازية في الثلاثينيات. وقد وضعت هذه الهجرة نهاية مئة سنة من تفوق ألمانيا كأمة علمية مبرزة، كما أدَّت الهجرة إِلى نهوض الولايات المتحدة

لتحل محلها. ولد ليبمان في كونيغزبيرغ، التي أصبحت عاصمة شرق بروسيا فيما بعد، (كالينينغراد الآن) ودرس الطب هنالك إلى أن استُدعيَ من قبل الجيش الألماني كطالب طب في السنة الأخيرة من الحرب العالمية الأولى. وبعد الحرب تحول ليبمان من الطب إلى الكيمياء البيولوجية ودرس في برلين مع الكيميائي البيولوجي العظيم أتو مايرهوف (1884 ـ 1951) Otto Meyerhof. كان مايرهوف يبحث عن طاقة الحياة في عصارة عضلات الضفدع، وبَيَّن أن هذه العصارة يمكن أن تُخَمِّرَ الغلوكوز، كانت هذه العملية مشابهة لتخمر مادة اليِست، علماً أن الناتج النهائي لم يكن كحولاً وإنما حمض اللبن (الحمض الذي يسبِّب ألماً ملتهباً إذا استخدمْتَ عضلاتك على نحو غير صحيح)، هذه الطريقة أي الانتقال من الغلوكوز إلى حمض اللبن سميت باسم مكتشفيها: طريقة ليدمان ـ مايرهوف. أما الآن فتعرف بكلمة غلايكوليسيس glycolysis. إن غلايكوليسيس هام للعضلات لأنه يستطيع بسرعة أن يشكِّل طاقة بدون أوكسجين. وأشار مايرهوف أن تقلّص عضلة الضفدع (مع عدم وجود أوكسجين) كان دائماً يشكِّل مقداراً محدداً من الحرارة إضافة إلى تخمُّر الغلوكوز وتحوله إلى حمض اللبن. ولكن هل كان هنالك وسيط مجهول يخزن الطاقة المنطلقة ثم يقدمها لتقلّص العضلة؟

لقد وجد مايرهوف وآخرون أنّه عندما يدخل الغلوكوز إلى الخلايا فإنه يتحد مع الفوسفات ـ وقد يكون الفوسفات المشحون بالطاقة هو الوسيط المفقود. وبدأ ليبمان، بناءً على اقتراح مايرهوف، بدراسة

الكرياتين الفوسفوري في العضلات، فاكتشف ليبمان أن الغلايكوليسيس Glycolysis كان يتسمم في عضلات الجرذان الحية ويمكن أن يستمر التقلّص لكن هذا كان يؤدي إِلى تحلّل الكرياتين الفوسفوري للعضلات (يفقد الفوسفات) وبالتالي أصبح كل من العضلة والجرذ يابسين، (حالة تعرف باسم «تَيَبُّس الأعضاء» كما في تيبس الجسد عند الموت). وهكذا بدأ الكرياتين الفوسفاتي كوسيط بين غلايكوليسيس والتقلّص العضلي، وربما كان يحمل الفوسفات المشحون بالطاقة من الغلايكوليسيس إِلى آلية التقلّص العضلي. وأشارت التجارب، في الواقع، أن ATP قام بهذا الدور وهو حمل الفوسفات المشحون بالطاقة، بينما قام الكرياتين الفوسفائي بدور تلميع أَو ادخار لطاقة الفوسفات في الخلية. وتفادى ليبمان قيام النازية وغادر ألمانيا متجهاً إِلى الدانمرك في الثلاثينيات من القرن العشرين ثم هاجر إِلى الولايات المتحدة عندما أصبح للنازيين نفوذ في الدانمرك. وَفَرَّ مايرهوف كذلك من ألمانيا في الوقت نفسه إِلى باريس في البداية ثم إِلى أمريكا عند غزو فرنسا سنة 1940. وعندما كان لاجئاً شكَّل ليبمان مفهوم الفوسفات المشحون بالطاقة الذي دعاه «فسفاة الخربشة» أَو ~ P كوسيط رئيسي أَو انتشار طاقة الخلية. لقد أدخل ليبمان رمز الخربشة (~ P) ليمثِّل رابطة مشحونة بالطاقة بين ذرتين. وهكذا أصبح أول عالِم «خربشة» وتوصل في بحثه سنة 1941 إِلى ما يلي:

القوة الطبيعية للاستقلاب تُولد التيار (~ P). وهذا التيار يمسّه حمض الأدينليك ADP الذي يعمل عمل الأسلاك التي توزِّع التيار. أما

إذا وجد كرياتين ~ P فإنه يعمل عمل الحاشد للتيار ~ P.

إن الطاقة التي ينقلها ATP طاقة كهربائية في طبيعتها من جهة (التنافر الكهربائي في الفوسفات) وطاقة كيميائية من جهة أُخرى. وإن جريان شحنة الفوسفات من المايتوكندريا إِلى بقية الخلية ليس سببه، على كل حال، المجالات الكهربائية داخل الخلية، وإنما سببه القوة النسبية للروابط الكيميائية التي تربط الفوسفات إِلى جزيئاته الناقلة المختلفة (ADP، كرياتين وبروتينات). وهكذا نجد أن كهرباء الفوسفات تُشْحنُ بصورة رئيسية بالقوى الكيميائية، وليس بالقوى الكهربائية. وهذا المفهوم الجديد عن دورة ATP أدَّى إِلى شهرة ليبمان العلمية في الدولة التي اختارها، ثم تابع مفسراً الطرق الأُخرى التي بواسطتها تنتقل الطاقة داخل الخلية. ومن أجل ذلك نال جائزة نوبل سنة 1953.

يُسْتخدمُ ATP من قبل مئات من الأنواع المختلفة من الآلات في الخلية. أما المستخدمون الرئيسيون فهم التقلّص العضلي وتشكل البروتين ومضخة الصوديوم. وتقع مضخة الصوديوم في غشاء الخلية. وتَضُخُ الصوديوم عبر الغشاء من داخل الخلية إِلى خارجها. ولأن للصوديوم شحنة موجبة، فإن ضخ الشحنة خارج الخلية يولد مجالاً كهربائياً كبيراً عبر الغشاء. ويعمل هذا المجال الكهربائي كمصدر ملائم للطاقة من أجل أنظمة مختلفة كثيرة في أنحاء الخلية التي تشتمل على جزيئات النقل ومراقبة حجم الخلية وتوليد نبضات كهربائية في العضلات والقلب والأعصاب. وإن مجرد وصل الآلة

البروتينية بالغشاء المشحون بالطاقة أمرٌ كافٍ لشحن الآلة بالقدرة، لأن المجال الكهربائي والصوديوم يعملان عمل البطارية التي تدفع أي شحنة من خلال البروتين وعبر الغشاء. وهكذا تَستخدِمُ الخليةُ شكلاً آخر من الكهرباء، وهذه المرة كهرباء الصوديوم، لتشحن غشاء الخلية بالطاقة. وإن كهرباء الصوديوم هي التي تشحن أدمغتنا وفكرنا بالقدرة.

إذاً، هنالك أربعة أشكال للكهرباء في الخلية: هي كهرباء الإلكترون، والبروتون، والفوسفات، والصوديوم. وتتولد كهرباء الإلكترون داخل أغشية المايتوكندريا وذلك بحرق الطعام. وتُسْتخدمُ هذه الكهرباء لضخ البروتون خارج المايتوكندريا وتوليد كهرباء البروتون. أما كهرباء البروتون التي تجري عائدة إلى المايتوكندريا فتستعمل من قبل آلة ATP المحركة لحشو ATP بفوسفات الشحنة السالبة وإدخاله عنوة إلى ADP. وهذا بدوره يشكّل كهرباء الفوسفات التي هي، على نحو ما، شكل كيميائي للطاقة، يحملها ATP ومواد كيميائية أُخرى تحتوي الفوسفات في تركيبها. وينتشر ATP في غشاء الخلية، حيث يُسْتخدمُ من قبل مضخة الصوديوم لإدخال الصوديوم عنوة عبر الغشاء. وبذلك تتولّد كهرباء الصوديوم. ويمكن أن تستخدم كهرباء الصوديوم بعدئذ لتحريك ونقل الكثير من الجزيئات الأُخرى عبر غشاء الخلية. وهكذا نجد أن الأشكال الأربعة للكهرباء تتحول باستمرار من شكل إلى آخر في سلسلة من الطاقة.

إن بنية الآلات الجزيئية المختلفة التي تُشحن بالكهرباء الخليوية

قد حُلَّتْ مؤخراً لصالح الذرة. بكلمة أُخرى، إننا نعرف الآن موقع كل ذرة (حتى ضمن عُشر جزء من بليون جزء من المتر) داخل الجزيء الذي يمكن أن يحتوي على حوالي مئة ألف ذرة. وبالرغم من أن هذا إنجاز مذهل، إلاً أن تركيب الآلات الجزيئية لا يخبرنا بالضرورة كيف تعمل. وهذا ينطبق على «أوكسيديس كروموزونات الخلية» أي مضخة بروتون واحدة من سلسلة النقل الإلكتروني، والتي عَرَفَ تركيبَها مجموعة البحث العلمي من شينيا يوشيكاما في اليابان. وإن بنية جزيء مركب «ضخم» كهذا يمكن أن يدرك إدراكاً كاملاً فقط باكتشاف نموذج منه له ثلاثة أبعاد ومشاهدته على شاشة الكمبيوتر. وبعد مؤتمر علمي في موسكو حضره الأستاذ يوشيكاوا الذي وصف التركيب أولاً، التقينا معاً في المطار لمدة أربع وعشرين ساعة. وأخبرني كيف كان قد أمضى ساعات سعيدة طويلة إضافة إِلى الأسابيع مكتشفاً هذا النموذج. وقد دُهش بجماله، كما أنه اعتبر أن ميزة له أن يكون واحداً من أوائل الناس الذين شاهدوا هذا الجزيء، وهو أقدم الجزيئات وأهمها في الحياة. وكانت هذه البُنى الجزيئية بالنسبة إليه شيئاً عصرياً معادلاً للكاتدرائيات العظيمة للعصور الوسطى.

مع أن بنية أوكسيديس كروموزونات الخلية تعطي مؤشرات عن آليتها فإننا لا نزال غير قادرين أن نعطي وصفاً تفصيلياً عن كيف تضخ مضخة البروتون البروتونات. وهنالك بنية عظيمة أُخرى عرفت حديثاً وهي بنية محرك ATP (الآلة الجزيئية التي تشكِّل ATP من ADP

والفوسفات) وذلك من قبل العالم الإنكليزي جون ووكر John Walker وزملائه (التي من أجلها نال هو وبول بويير Paul Boyer جائزة نوبل 1997) هنا، تشير البنية أن هذا الجزيء «الضخم» عبارة عن محرِّك صغير، بل هو أصغر محرك في الوجود. فهو يَدور كدولاب الطاحونة الذي يحرّكه جريان كهرباء البروتون، ولكنه يشكِّل ATP ولا يشكّل طحيناً. ولهذا المحرك عامود يتصل بغشاء المايتوكندريا ويتحرَّك بكهرباء البروتون التي تمر من خلال قناة في الغشاء، فيدور العامود داخل «الآلة» مُرْغِماً فوسفات ADP الموجود في المحرِّك أن يشكِّل ATP. ويستطيع هذا المحرك أن يعمل في الاتجاه المعاكس، مستخدماً ATP للضخ إِلى الوراء البروتونات إِلى خارج المايتوكندريا، ومولداً كهرباء البروتون. وقد صُوِّرَ دوران محرك ATP على شريط ڤيديو من قبل كازوهيكو كينوسينا Kazuhiko Kinosita وزملائه في اليابان. لقد وضعوا طرفاً من المحرك على شريحة زجاجية وربطوا قضيباً مُسْتَشْعاً دقيقاً بالطرف الآخر. وعندما أضيف ATP استطاع الفريق الياباني أن يرى من خلال مجهر دوران القضيب كحزم أشعة المنارة التي تبدّد الظلام. ومع أن هذا المحرك يتألّف من جزيء واحد وهو أصغر محرك دوراني معروف في الوجود، إِلاَّ أنه اُكْتُشِف أنواع أُخرى كثيرة لتزود بالقدرة ما يلي: حركة الجزيئات على طول الهيكل الخليوي وتقلّص العضلات وتشكيل DNA وRNA وتحريك الباكتريا.

يبدو أنّه أمر لا يصدق أننا نعمل ونُدار بالكهرباء بطريقة أَو بأُخرى. في أوائل القرن التاسع عشر، كان هنالك الوحش المسْخ

لفرانكينشتاين، المخلوق المركب من جثث أعيدت إليها الحياة بالكهرباء. ثم في النصف الأول من القرن العشرين، كان هنالك الإنسان الآلي، أي آلة كهربائية تبدو وتعمل كالإنسان، ثم منذ عهد قريب، كان هنالك الإنسان الإلكتروني الذي كان نصفه إنساناً ونصفه آلة. والآن تبين أننا آلات كهربائية من البداية حتى النهاية.

الفصل 6

مايتوكندريا: الوحوش التي في داخلنا

تحتوي أجسامنا على حوالي عشرة ملايين بليون جرثومة تُعرف باسم مايتوكندريا، كانت قد غَزَتْ أسلاف خلايانا منذ بليون سنة تقريباً. وقد اعتادت أن تعيش داخلنا واعتدنا أن تكون معنا، ولا يمكن الآن أن يعيش أحدنا دون الآخر، نحن جزء منها وهي جزء منا. إنّها تشكّل كل طاقتنا تقريباً، ونحن نطعمها ونأويها. ولا يزال للمايتوكندريا التي في داخلنا DNA ورثتها من أمهاتنا فقط، وفي الواقع يمكن أن تكون مستمدة من امرأة واحدة عند نشوء البشر العصريين: أي حواء المايتوكندرية، ولكن ضيوف الخلية هؤلاء الذين يبدون أنهم يعيشون بسلام وتكافل مع بقية الخلية، يمكن أن يكونوا الأعداء الذين يَقْتُلون بهدوء من داخلنا. فعندما تموت الخلية تظهر خيوط تتجه نحو المايتوكندريا وتسبِّب لها أمراضاً مدمّرة وعجزاً إضافة إلى الشيخوخة. أما الضيف الذي لا مفر منه فيتحوّل إلى قاتل مسلسل مشوه الخلقة.

كل خلية تقريباً في جسمنا تحتوي على المايتوكندريا ـ حوالي

ألف في كل خلية. وواحد منها عبارة عن حيوان لا يهدأ، له أشكال وهيئات متنوعة. وإذا تمكنا من أخذ صورة واقعية له فإنه يبدو كدودة، ولكنّها دودة تتلوى وتنقسم إِلى قسمين وتلتحم مع الديدان الأُخرى. وهكذا فقد نجد واحداً من المايتوكندريا كمنطاد وفي أوقات أُخرى كحيوان متعدد الرؤوس ومتعدد الذيول أَو كشبكة أنابيب متصالبة أَو على شكل أطباق. إن واحداً من المايتوكندريا عبارة عن وحش قديم مستمد من الأم ـ إنه دراغون. وله شهية رهيبة يأكل ثانية كل شيء نأكله ثم يطلقه ناراً حامية. وفي الواقع كل الطعام والأوكسجين الذي يدخل الجسم يُستهلك من قبل المايتوكندريا وكل الحرارة التي يولّدها الجسم تتشكّل من قبلها. ولكن هذا الوحش دقيق جداً ـ فحجمه ميكرون واحد، أي جزء من ألف من الميليمتر: وبليون من المايتوكندريا يمكن أن تدخل بسهولة في حبة تراب.

للمايتوكندريا DNA فردية خاصة بها. ولكن لا يعني هذا أنّها ضدنا. نحن على نحو ما مايتوكندريا. وتمثل عشر حجم خلايانا، أي عشرنا. وبما أنّها في الواقع الجزء الملون الوحيد في الخلية، فإن المايتوكندريا تشكّل خلايانا وأنسجتنا. ولولا لون الميلانين في جلدنا والمايوغلوبين في عضلاتنا والهيموغلوبين في دمنا، لكان لوننا لون المايتوكندريا وهو الأحمر الضارب للسمرة. ولو لم يكن الأمر كذلك، لتغيّر لوننا عندما نقوم بالتمارين الرياضية أَو عندما نلهث، وهكذا نستطيع أن نعرف المقدار الذي شُحن به شخص بالطاقة من لونه أَو لونها.

إن المايتوكندريا عبارة عن محطات طاقة في خلايانا تنتج كل طاقتنا تقريباً. ولكنها محطات طاقة راشحة نوعاً ما، مما يسبِّب نتائج وخيمة. لقد اعتقدت خلال نشأتي أن نتاج التصميم (النشوئي) البيولوجي ـ أي الحياة وكل أشكال الحياة ـ كان أكثر قدرة وفعالية من أي نتاج إبداعي بشري كالآلات والثقافة. لقد تعلمنا أن بلايين السنين من التطور قد أوصلت تصميم الخلية إِلى الكمال لدرجة أن مُصَمِّماً بشرياً لا يستطيع أن يُدخل تحسينات على التصميم، وأن بخيلاً لا يستطيع أن يقتصد من استعمال الطاقة، وأن مستشاراً إدارياً لا يستطيع أن يُحسِّن حصص الموارد، وأن مهندساً لا يمكن أن يقلِّل من الأخطاء. أما الاعتقاد أن الثقافة البشرية لا ينبغي أن تتدخّل بالطبيعة لأن الطبيعة مصمّمة على نحو أفضل من الثقافة، فاعتقاد منتشر على نحو شاسع، كما أن هذا الاعتقاد يثير الخشية من الله في العلماء الذين يتدخلون في أمورٍ لا تعنيهم كالطب والهندسة الوراثية والاستنساخ والمبيدات الحشرية. ونجد بعض العلماء الآخرين متغطرسين أَو مسرفين في الثقة فيما يتعلّق بقدرتهم على تحسين الطبيعة. وقد ظهر هذا الإسراف في إخفاق مادة DDT أَو ثاليدوميد. ومهما كانت ميزات تلك المعتقدات، إن خلايانا ليست قديرة وفعَّالة كما اعتقدنا يوماً من الأيام. ويَتَّضِح هذا فيما يبدو في عيوب التصميم الواضحة في المايتوكندريا الخاصة بنا ـ أي أنها تَرْشَح. فكهرباء الإلكترون ترشح أَو تتسرّب خارج المايتوكندريا لتشكِّل شقوقاً طليقة، أَو غير متحدة كيميائياً، سامة، كما أن كهرباء البروتون تتسرّب لتشكّل حرارة:

ومقدار الارتشاح ليس صغيراً أَو غير ذي شأن، إنه ارتشاح كبير ويهدّد الحياة.

تَرْشَحُ الإلكترونات خارج سلسلة إلكترونات المايتوكندريا لتشكِّل «شقوقاً غير متحدة كيميائياً» Free radicals، ويشير الاسم بالإنكليزية إِلى مجموعة لطيفة من المفكرين السياسيين. ولكنها في الواقع مجموعة مدمّرة من المواد الكيميائية السامة. وأول هذه المجموعة «السوبر أوكسيد» الذي يتشكّل عندما تَرْشَحُ الإلكترونات من سلسلة النقل أَو آلات جزيئية أخرى التي تهبط على الأوكسجين. ليس السوبر أوكسيد بطلاً خارقاً أَو نوعاً من مسحوق الغسيل ولكنه أوكسجين فيه إلكترون إضافي. ولكن هذا الإلكترون الإضافي هو الذي يسبِّب المشاكل. ومعظم الجزيئات الثابتة لها إلكترونات ثنائية لأن هذا الترتيب يتطلب طاقة أقل. أما الجزيئات ذات الالكترونيات غير الثابتة فتدعى الشقوق الطليقة أَو غير المتحدة كيميائياً. وهي جزيئات تفاعلية بصورة كبيرة لأن الإلكترون غير الثنائي يريد أن يقترن بإلكترونات في جزيئات أُخرى. ويبدو الأمر عادلاً تماماً للإلكترون الوحيد المسكين. ولكنه إذا اخْتَطَفَ إلكتروناً من جزيء قريب، عندئذ، يبقى ذلك الجزيء وحده مع إلكترون غير ثنائي. وهكذا شَقٌ طليق أَو غير متحد كيميائياً يتشكّل مع إلكترون غير ثنائي وحيد ومخزون. وهذا يفجِّر ما يُعرف «بالتفاعل المتسلسل» الذي ينتهي فقط عندما شقان طليقان غير متحدين كيميائياً يتقابلان ويتفاعلان، ويرضيان الإلكترونات الوحيدة. وقد يكون ذلك نهاية سعيدة للإلكترونات

الوحيدة، ولكن تجوال الشقوق خلال المئات من جزيئات أُخرى قد ترك أثراً من الدمار أَو الخراب. فبعض الجزيئات انشطرت إِلى أجزاء وبعض الأغشية تمزّقت إرباً إرباً وبعض الآلات الجزيئية قد تحطَّمت على نحو لا يمكن إصلاحها. وإذاً، الشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً هي الأسباب الرئيسية لموت الخلية وتدمير الجسم.

السوبر أوكسيد هو أول عضو من المجموعة المدمرة ولكنه يتابع ليشكل العضو الثاني: وهو بيروأكسيد الهيدروجين. إنه عضو فخري في مجتمع الشق الطليق غير المتحد كيميائياً، ليس له شق طليق، أَو إلكترون وحيد. ولكنه مرتبط مع الآخرين لأنه يُحْسِن مثلهم اختطاف الإلكترونات من جزيئات أُخرى. نستخدم بيروأوكسيد الهيدروجين خارج الجسم لكي نبيض الأنسجة أَو نقتل الجراثيم. أما خارج الجسم، فيمكن أن يتفاعل مع السوبر أوكسيد لتشكيل عمل مؤذٍ: وهو شق الهايدروكسيد. إن شق الهايدروكسيد يستطيع أن ينزع أي إلكترون من كل شيء تقريباً. وهذا الشق الطليق ربما هو المسؤول عن تدمير خليوي كبير، بما في ذلك التغيير الأحيائي أَو تمزيق DNA.

على نحو متزايد، يُشتبه بالشقوق الطليقة بأنّها أنذال أَو شركاء جريمة في مجال واسع من الأمراض: أمراض القلب، والسرطانات، والأمراض الالتهابية أَو العصبية. وإنه لسجل مؤثّر عن الموت والدمار، ولكن الدليل النهائي على تورطهم لا يزال غير متوفر. وعلى كل حال هنالك أدلة تربط الشقوق الطليقة بالمرض وهي الآثار الوقائية للمواد المقاومة للتأكسد وكاسحات الشقوق الطليقة. الشقوق

الطليقة عبارة عن عوامل أَو مواد مُؤكسِدة تستطيع أن تختطف الإلكترونات من جزيئات أُخرى. أما المواد المقاومة للتأكسد فهي عبارة عن جزيئات تمنع الآثار السامّة للشقوق الطليقة بإعطائها إلكترونات دون تحويلها إِلى شقوق سامة مما يؤدي إِلى إخماد التفاعل المتسلسل للشقوق داخل الخلايا. وڤيتامين C وE وكاروتين B مواد مقاومة للتأكسد هامة موجودة بصورة طبيعية في الجسم لوقف التخريب الذي يقوم به الشق الطليق. وهنالك تجارب بالمقياس الكبير حيث أُعطي الناس جرعات عالية من المواد المضادة للتأكسد على نحو منظم، وقد أظهرت تلك التجارب أنها تخفف حوادث مرض القلب والسرطان؛ وهما السببان الرئيسيّان للموت في العالم الغربي. وهذا دليل قوي يشير إِلى أن الشقوق الطليقة تميل نحو إيذاء الجسم الإِنساني وإزعاجه. ومع ذلك هنالك تجارب أُخرى أظهرت أن تناول جرعات كبيرة من المواد المقاومة للتأكسد كان له آثار ضئيلة على الأمراض بل يجعلها أسوأ. وأشار خبراء التغذية أن المواد المضادة للتأكسد المنظَّفة ليست فعالة كتلك المواد الموجودة في الطبيعة كالخضار وعصير العنب والشاي. وهنالك دليل أن عملية الشيخوخة نفسها قد تعود أسبابها إِلى استفحال التخريب الذي قامت به الشقوق الطليقة في الجسم. ولا شك أن تجاعيد البشرة وضعف البصر مع تقدّم العمر تنشأ عن هذا التخريب. هذا، وإن معظم الشقوق الطليقة مستمدة من إلكترونات رشحت من سلسلة نقل إلكترون المايتوكندريا.

الارتشاح أَو التسرّب الثاني هو تسرّب كهرباء البروتون من خلال غشاء المايتوكندريا وقد سمي «تسرّب البروتون». تُضَخُ البروتونات خارج المايتوكندريا بواسطة مضخات البروتون مُولِّدةً مجالاً كهربائياً كبيراً من خلال محرِّك ATP الموجود في غشاء المايتوكندريا. وإذا كان على كهرباء البروتون أن تُشَغِّل محرك إنتاج ATP، فإنه لا يسمح لها أن تتسرّب عائدة من خلال الغشاء بدون المرور من خلال محرك ATP. ولكنها تتسرب. وقد برهنتُ أنا ومارتن براند Martin Brand أن هذا التسرّب يحدث في المايتوكندريا والخلايا، وأن طاقة تصل إِلى ربع الطاقة التي نولدها يمكن أن تُهدر بصورة واضحة بهذه الطريقة. أما كيف ولماذا يحصل هذا التسرّب فأمر غير واضح! وقد يكون ذلك نتيجة حتمية للمجال الكهربائي الضخم الموجود في الغشاء الرقيق للغاية. أَو أن هدر الطاقة له مهمّة قد تكون تشكيل حرارة أَو حرق الطعام الزائد.

وهذا ما يحدث فعلاً فيما يسمّى «الدسم البني» والدسم البني الموجود تحت جلدنا يأتي على شكلين: الأبيض والبني. الدسم البني يُخزِّن ويحرق الدسم مولداً حرارة. والدسم البني لونه بني لأنه يحتوي على الكثير من المايتوكندريا المائلة إِلى اللون البني. وتَحْرِقُ المايتوكندريا الدسمَ وتنزع الإلكترونات وتمررها خلال سلسلة النقل الإلكترونية إِلى الأوكسجين. وتَشْحنُ كهرباء الإلكترون عندئذ مضخات البروتون لتضخ البروتون خارج المايتوكندريا التي تولد مجالاً كهربائياً كبيراً وَتَحَدُّراً في البروتون عبر الغشاء. وفي

مايتوكندريا أنسجة أُخرى، تعود البروتونات خلال محرك ATP وتولد ATP. أما مايتوكندريا الدسم البني اللون، فإنّها تحتوي على بضع محركات ATP. وتعود البروتونات بدلاً من ذلك إلى المايتوكندريا خلال «قناة حيوية» وهي قناة في الغشاء لها بوابة. وعندما تُفْتَحُ هذه البوابة، تُسْرِعُ البروتونات خلال القناة وتُبدِّدُ المجال الكهربائي وتولِّد حرارة. وعندما تُغْلَقُ البوابة، تستطيع البروتونات أن تعود فقط خلال ATP النادرة وَيُكْبَحُ احتراق الدسم. وفتح البوابة ينظم من قبل هُرمونات تنشط تشكيل الحرارة. وهكذا يعمل الدسم البني اللون كمصدر منظم لحرارة الجسم ويحرق الدسم الزائد.

لقد كُشف الكثير من أسرار مايتوكندريا الدسم البني من قبل ديڤيد نيكولز David Nicholls في بلدة داندي سنة 1970. وربما كان هواء سكوتلندا البارد دافعاً إضافياً. وتبدو فكرة ممتازة بكل تأكيد بالنسبة للبدينين أَو الذين يشعرون بالبرد أن يكون لديهم دسم بني اللون للمحافظة على دفئهم أَو إحراق دسمهم الزائد. ولسوء الحظ هنالك دسم بني ضئيل لدى الأشخاص البالغين. أما الأطفال حديثوا الولادة فلديهم دسم بني ووظيفته المحافظة على دفئهم خلال هذه الفترة الحسَّاسة. الجرذان والثدييات الصغيرة الأُخرى تُنَشِّطُ دسمها البني عندما تبرد أَو تبالغ في تناول الطعام. وعلى كل حال ينبغي على الناس والثدييات الكبيرة الإعتماد على مصادر أُخرى للحرارة. وواحد من مصادر الحرارة يمكن أن يكون تسرّب بروتون المايتوكندريا في أنحاء الجسم. ولكن بالمقارنة مع قناة البروتون

المبوبة للدسم بني اللون، إن تسرّب بروتون مايتوكندريا أُخرى ليس مبوباً أَو منظماً، ويمكن أن يكون مجرد خطأ في التصميم لا يمكن تجنّبه فيما يتعلّق بتشكيل الطاقة. وفي الوقت الحاضر، هنالك اهتمام كبير فيما يتعلّق بطبيعة هذا التسرّب، لأننا إذا تمكنّا من تحريضه، فربما نتمكّن من معالجة السمنة أَو صنع أدوية تخفِّف الوزن بصورة فعَّالة. وإذا تمكنّا من إيقافه فربما نستطيع أن ننتج حيوانات فائقة القدرة.

إذاً، خلافاً لما تقوله معظم الكتب المدرسية، تبدو الخلية نوعاً ما غير كفوءة في استخدام الطاقة، ففيها تسرّب في الواقع في كل مكان. والتفسير المؤيد لذلك قد يعود إِلى أكثر من مئة مليون سنة، عند نهاية حكم الدايناصورات. في ذلك الوقت، تطورت بعض الحيوانات (ثدييات المستقبل والطيور) ثابتة الحرارة أَو ذوات الدم الحار، منتجة عشرة أضعاف حرارة أسلافها ذوات الدم البارد. وذلك للمحافظة على درجة حرارة جسم عالية وثابتة. وكان ذلك أمراً خطيراً، لأنّها، من أجل أن تشكّل عشرة أضعاف الحرارة، كان على الحيوانات أن تأكل وتعالج عشرة أضعاف الطعام. والمكافأة كانت، عندما تكون حرارة الجسم عالية، أن كل شيء في الجسم كان يعمل على نحو أسرع، وكان يمكن لحرارة الجسم أن تُصان على نحو مستقل عن درجة حرارة البيئة، الباردة أَو الحارة. كانت الحرارة تتشكّل بآلية الطاقة الطبيعية، ولكن كان هنالك فائض منها وبالتالي كانت أكثر تسرباً. وإذا كان هدف آلية الطاقة تشكيل حرارة، فليس من

الضروري أن تكون كفوءة. بل خلافاً لذلك، ينبغي أن تكون غير كفوءة، لتتسرّب الطاقة في كل مكان. وهذه هي الحالة اليوم. لا تَسْتَخدمُ الحيوانات ذوات الدم الدافئ (الفئران والبشر) الطاقة على نحو كفوء، بالمقارنة مع الحيوانات ذوات الدم البارد (السحليات والتماسيح)، ولنأخذ السيارة كمثال: في درجات الحرارة المنخفضة، وعندما لا تُستعمل السيارة، تنخفض درجة حرارة المحرّك وقد لا يدور المحرك بصورة حسنة، فتراه يعمل ببطء إِلى أن ترتفع درجة حرارته. ويمكن أن نتغلّب على هذه المشكلة بالسماح للمحرك أن يدور كل الوقت (حتى لو كانت السيارة لا تتحرّك) للمحافظة على درجة حرارة المحرك بصورة دائمة وعلى المستوى الأمثل. والضرر الواضح لهذه الاستراتيجية، أنها غير كفوءة فيما يتعلّق باستهلاك الوقود. وهكذا تبدو استراتيجية الحيوانات ذوات الدم الدافئ. على كل حال، يبدو الأمر مستحيلاً في الواقع لنبرهن على الوظيفة التطورية للعملية البيولوجية، لذلك ربما لا يمكننا أن نحل هذا اللغز.

المايتوكندريا قديمة وهي أقدم من التلال. إن الخلية العصرية الموجودة في أنحاء جسمنا نشأت منذ بليون سنة عن التحام نوعين مختلفين من الخلايا: خلية واحدة كبيرة وخلايا صغيرة كثيرة. والخلية الكبيرة ابتلعت الصغيرة أَو أنها هُوجمت من قِبل الصغيرة. وفي النهاية عاشت بداخلها. ومع مرور الزمن فقدت الخلايا الصغيرة استقلالها متخلية عن معظم الـ DNA والآلية الجزيئية ولكنها كسبت ملاذاً آمناً داخل الخلية الكبرى. وأصبحت الخلايا الصغيرة في النهاية

مايتوكندريا. والخلية الكبيرة أصبحت خلية عصرية. وإذا قُورنت المايتوكندريا بالكائنات الحية، لوجدنا أنّها تشبه الباكتريا القديمة. المايتوكندريا لها نفس حجم الباكتريا. إنها محاطة بجدارين رقيقين مشابهين لأغشية الباكتريا. وفي الداخل، آليتها وDNA متشابهان. وهذا التشابه ليس محض صدفة لأن المايتوكندريا قد نشأت بكل تأكيد تقريباً عن باكتريا ابتلعتها خلايا كبيرة.

بدأت الحياة قبل المايتوكندريا بوقت طويل، ربما منذ ثلاثة ونصف بليون سنة، عندما تَضافَرَ تدفقُ الطاقة والجزيئات والمعلومات على نحو ما لتشكيل أول خلية حية. ولا نعلم شيئاً عن أول مصدر للطاقة، ولكن خلال نصف بليون سنة أنشأت الخلايا الآلية لتحصد الضوء من أقرب نجم لنا، من الشمس، وهي المصدر الأساسي لكل طاقة على سطح الأرض. واستُخدمَ الضوء لشطر الماء H2O مشكِّلاً الأوكسجين، الذي انطلق في الهواء، والبروتونات والإلكترونات، التي عند اتحادها مع ثاني أوكسيد كربون الهواء، استخدمت لبناء جزيئات الحياة المعقدة. وعملية التشكيل الضوئي هذه البسيطة ولكن القوية، مَكَّنت الحياة أن تنجح وتتوسع بسرعة. وبدأت أول كوارث التلوث والبيئة منذ بليونين سنة، عندما بدأ الأوكسجين، وهو حصيلة ثانية سامة للتشكيل الضوئي، يتعاظم في جو الأرض.

الأوكسجين، الجزيء الجوهري للحياة الحيوانية، جزيء غير مستقر نسبياً وسام. في الواقع، إنه نوع من الشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً، ويستطيع أن يختطف الإلكترونات من جزيئات

أُخرى ويمزّقها ليشكّل المزيد من الشقوق الطليقة السامّة. ومن أجل ذلك تفسد الزبدة والأطعمة الأُخرى، ويصدأ الحديد، وتموت بعض الحيوانات إذا كانت في جو من الأوكسجين الصافي. وربما هذا هو السبب الذي من أجله تحاول أجسامنا أن تحافظ على مستوى الأوكسجين في خلايانا بنسبة عُشر المستوى الجوي. حتى منذ بليوني سنة، لم يكن هنالك أوكسجين ذو شأن، ولكن منذ ذلك الحين، تعاظم الأوكسجين الذي انطلق كحصيلة ثانية للتشكّل الضوئي ببطء في الجو ووصل إِلى المستويات الموجودة اليوم منذ حوالي بليون سنة (خُمس الهواء أوكسجين الآن). وعندم ظهر الأوكسجين أول ما ظهر بكميات ذات شأن، فلا بد من أن بعض الخلايا قد قُتلت أَو أُبيدت، تماماً كما تُقْتَلُ به اليوم، أنواع كثيرة من الباكتريا. أما الخلايا التي بقيت على قيد الحياة فقد أنشأت استراتيجيات دفاعية ضد الأوكسجين. وكانت إحدى الاستراتيجيات، التي لا تزال تستعمل حتى اليوم، إنشاء آلات أنزيمية تستطيع أن تَسْتَهلك الأوكسجين بأسرع ما يمكن. ولذلك كان مستواه في الخلية ومحيطها منخفضاً. وربما نشأ أول تنفس من هذه الآلات التي تَسْتَهلكُ الأوكسجين. ويُوَلِّدُ التنفس الطاقةَ بعكس اتجاه عمليات التشكّل الضوئي ـ الجزيئات المعقدة للنباتات والحيوانات الأُخرى تتفكّك، وتغذي الإلكترونات الأوكسجين، مشكلاً الماء ـ ولكن بدلاً من إطلاق الطاقة الزائدة على شكل ضوء أَو حرارة، فإن بعضها يستعمل ليقوم بعمل مفيد في الخلية. هذه العملية تعتمد على الأوكسجين: وهكذا فإن

ظهور الأوكسجين في الجو كان يؤدي إِلى مشكلة وفرصة. فتلك الخلايا التي أنشأت الآليات التنفسية حصدت الفرصة وازدهرت. وخلية مقابل خلية، ومنذ نصف مليون سنة، اُبْتُلعت بعض خلايا التنفس من قبل الخلايا الكبيرة، مُشكِّلةً المايتوكندريا والجد الأكبر للخلية العصرية. على كل حال، ربما كان ذلك صفقة ذات ربح عاجل وباهظة الثمن في المستقبل، لأن الآلية التي تَستخدم الأوكسجين لإنتاج الطاقة (سلسلة النقل الإلكتروني) تُسرّب الإلكترون للأوكسجين مُشكلاً سوبر أوكسيد، وهو أول الشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً والسامّة. وهكذا اشترت الخلية العصرية إمدادات طاقة ثمينة على حساب الإبقاء على نزيل مقيمٍ وسام.

تحافظ المايتوكندريا على فرديتها وذلك بفضل استبقاء DNA الخاصة بها. وهي الوحيدة خارج نواة الخلية. ولكن مقداراً ضئيلاً من DNA كاف لتنظيم المكونات الكاملة والأساسية للمايتوكندريا: أي آلية توليد الطاقة. ومعظم آلية المايتوكندريا منظمة في النواة ومبنية في بقية الخلية ومن ثم تنقل إِلى المايتوكندريا. ولكن بعض المكونات الهامة تُنظَّم من قبل DNA المايتوكندريا وتُبنى داخل المايتوكندريا. إن DNA مادة أساسية لأنها تقدم الخطط أَو برنامج العمل للآليات وبدونها لا يمكن أن يُبنى شيء. إن DNA المايتوكندريا تنقسم وتتطوّر وهي موروثة من DNA النووية. وبصورة أساسية كل DNA المايتوكندريا الموجودة في أجسامنا تأتي من أمهاتنا. والسبب أنّه عندما ينفذ سائل الأب المنوي إِلى داخل خلية بيضة الأم خلال

الحمل فإنه يُفَرِّغ كامل الحمولة من DNA النووية ولكن قليلاً من المايتوكندريا أَو لا شيء منها، بينما تحتوي خلية البيضة الكبيرة على عشرات الآلاف من المايتوكندريا الأمومية. وهكذا فإن كل خلية بيضة ملقحة، التي ينشأ منها كل إِنسان، تحتوي على آلاف من نسخ DNA المايتوكندريا من جهة الأم أكثر من جهة الأب. وهذا الميراث الأمومي هام من عدة جهات. يعني هذا مثلاً أن DNA المايتوكندريا المشوِّهة (أَو فائقة القدرة) موروثة فقط من جهة الأم. وهكذا إذا كنت كسولاً (أَو فائق النشاط) تستطيع أن تلوم مورثات والدتك. ولكن هنالك عدة عوامل مساعدة للكسل، بصرف النظر عن المايتوكندريا، كما أن عدة مكونات من المايتوكندريا منظمة من قبل DNA النووية وليس المايتوكندريا. وبالرغم من أننا نعرف الكثير من أمراض DNA المايتوكندريا، المسبِّبة للتعب المزمن وأعراض أُخرى أكثر خطورة ـ فإنها جميعاً موروثة من جهة الأم.

من الغريب أن DNA مايتوكندريا موروثة من الأم، إذا أخذنا بعين الاعتبار عملية الجنس واصطفاء الحيوان المنوي. والقيام بالعملية الجنسية يضع حوالي ثلاث مئة مليون حيوان منوي في الرحم. وكل حيوان منوي يحمل نسخة مختلفة من DNA من جهة الأب. وتتنافس الحيوانات المنوية في سباق بعضها ضد بعضها الآخر في الرحم، على طول أنابيب الرحم وفالوب محاولة الوصول إِلى البيضة والنفوذ إليها. وما هذا السباق إِلاَّ عملية اصطفاء دقيقة للحيوان المنوي الأكثر نشاطاً، وبالتالي من أجل اصطفاء DNA التي تنظم المهام الفعَّالة. وإن

أي خلل أَو عجز في DNA المايتوكندريا الأبوية تُسْتَبْعدُ خارج السباق لأن أي حيوان منوي يحمل DNA مشوهةً لن يتمكن من الوصول إِلى البيضة أولاً. ومع ذلك، عندما يصل الحيوان المنوي الفائز والأقوى إِلى البيضة ويلقحها، فإن DNA الأبوي لا يقوم بأي دور ذي شأن في تشكيل الطفل. وDNA المايتوكندريا الأمومية التي تشكّل مايتوكندريا الفرد الجديد، لا تُصْطَفى على هذا النحو. DNA المايتوكندريا الأمومية المشوهة تنتقل إِلى الطفل، إلاَّ إذا كان التشوّه كاف ليقتل الخلية أَو الجنين. وعلى كل حال، الكثير من مكونات المايتوكندريا أَو غيرها، المشتركة في الطاقة، تُنظم من قبل DNA النووية. ولذلك سوف تُصطفى من قبل سباق الحيوانات المنوية. وهذا السباق من أجل الحياة يكون أكثر شدّة عندما تَتَنَافس حيوانات منوية لذكرين من أجل تلقيح بيضة لأنثى واحدة.

ومن جهة أُخرى، تُصْطَفى DNA المايتوكندريا من قبل حيوية المرأة. فإذا عاشت امرأة وولدت وربت ابنتها لتلد بعدها. فإن DNA الخاصة بها سوف تنتقل. وإذا قامت DNA بتنظيم من أجل المايتوكندريا الفعَّالة التي تنهض بأعباء حاجات المرأة للطاقة، إذاً، سَيُفَضَّل هذا النوع من DNA ويساند، وإِلاَّ ستموت DNA في النهاية. ولا تُصطفى DNA المايتوكندريا مباشرة من قبل حيوية الرجل (أَو فقط إِلى المجال الذي يفيد المرأة) لأن الرجل لا ينقل DNA المايتوكندريا الخاصة به إِلى ذريته. إن المرأة هي وعاء DNA المايتوكندريا وقالبها.

وتختلف DNA المايتوكندريا عن DNA النووية من جهة أُخرى

هامّة: إنها تتحوّل وتتطوّر بمعدل عشرة أضعاف معدل DNA النووية. وهذا يعني أن السيالة العصبية ومخطط العمل من أجل إنتاج الطاقة يتغيّران ببطء في كل الخلايا الجرثومية التي تنتقل من جيل إِلى جيل وفي خلايا أجسامنا أثناء نمونا. ومعظم تحولات DNA المايتوكندريا تحولات غير ضارّة. وقد يكون لبعض التحوّلات الضارة في تريليونات من المايتوكندريا التي تسكن جسمنا أثر ضئيل على طاقتنا، ولكن هذه التحولات تتراكم مع تقدّم العمر. ويمكن الكشف عن بعض تحولات الخلية قبل سن الثلاثين أَو الأربعين، ولكن بعد ذلك فإنّها ترتفع على نحو سريع للغاية، وهكذا إن جزءاً من DNA المايتوكندريا، يمكن، في زمن الشيخوخة، أن يعطل بصورة كبيرة قدرتنا على توليد الطاقة. إننا لا نعلم حتى الآن ما هي الأسباب التي تؤدي إِلى الشيخوخة. ولكن هنالك نظرية واعدة تقول إن الشيخوخة تنشأ عن الاختلاف الوظيفي للمايتوكندريا. وتقول نظرية المايتوكندريا عن الشيخوخة إن المايتوكندريا الخاصة بنا تُشكّل باستمرار الشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً والسامّة، والتي تهاجم بعناد المايتوكندريا الخاصة بنا محولة DNA التابعة لها. وهذه الأذية التي أصابت المايتوكندريا يمكن أن تؤدي إِلى مزيد من تشكيل الشقوق الطليقة على شكل حلقة مفرغة. لأن DNA المايتوكندريا المتحوّلة مرتبطة بمجال مرعب من أمراض تفسخية مستمرة، ومنها مرض الزهايمر Alzheimer وهانتنغتون Huntington وباركنسون Parkinson وداء البول السكري والشيخوخة بالذات.

ولكن تحولات DNA المايتوكندريا ليست جميعها سيئة. لهذه التحولات أثر ضئيل أَو ليس لها أثر على قدرة المايتوكندريا على تشكيل الطاقة، ثم إن انتشار هذه التحولات عبر الأجيال يعني أن معظم الناس الذين ليس لهم علاقة وراثية، لهم آثار مختلفة قليلاً في DNA المايتوكندريا الخاصة بهم. وهذا يُمَكِّن البيولوجيين أن يدرسوا العلاقة الوراثية للمجموعات السكانية المختلفة. وإذا قارنا آثار DNA المايتوكندريا لفردين، فإن الآثار المتشابهة أَو المتطابقة تشير إِلى أن الإثنين مرتبطان ارتباطاً وثيقاً، بينما إذا كانت الآثار مختلفة اختلافاً واضحاً، فإن ذلك يشير إِلى أن الفردين مرتبطان بجد بعيد. وكلما كان هنالك اختلافات أكثر في الآثار، زاد بعد الجد المشترك إِلى الزمن الماضي. وهنالك من استخدم مقارنات DNA المايتوكندريا على نحو واسع ليدرس العلاقة ومنشأ العروق البشرية المختلفة. وتحليل اختلافات DNA في العروق البشرية العصرية قد جعل العلماء يقولون إن جميع البشر المعاصرين قد نشأوا عن مجموعة سكانية واحدة، أقامت في أفريقيا منذ قرابة مئة وخمسين ألف سنة. وذهب بيولوجيون آخرون أبعد من ذلك قائلين إن كل DNA المايتوكندريا في البشر المعاصرين مستمدة من امرأة واحدة، حواء أمُّ البشر، التي عاشت في أفريقيا منذ قرابة مئتي ألف سنة. وإذا كان ذلك صحيحاً، فهذا يعني أن هذه الأم، وليس غيرها، هي السلف الأول لكل شخص يعيش اليوم. أي نحن جميعاً أبناؤها. وكل جزيء DNA مايتوكندريا بشري اليوم مستمد من تلك الجزيئات الموجودة في جسم تلك المرأة

المجهولة التي كانت تسير على سهول أفريقيا منذ مئتي ألف سنة. وعلى كل حال، هنالك من يشك في وجودها لأن التحليل الإحصائي الذي استخدم في البحث العلمي الأول كان فيه خلل. ومع ذلك، يبدو أن هنالك نساءً أَو مجموعة من النساء كُنَّ السلف لكل DNA المايتوكندريا العصرية، ولكننا لا نعرف مكانهن أَو زمانهن. ولا تزال حواء المايتوكندريا، إن وجدت، مجهولة.

يمكن استخدام DNA المايتوكندريا لدراسة تاريخنا الحديث. فإذا استخرجنا عينة من DNA المايتوكندريا من الجثث والعظام والمومياء وقارناها مع DNA حية، نستطيع أن نحدِّد العلاقة الوراثية بين الأموات والأحياء. إن DNA المايتوكندريا أكثر وفرة وأقوى من DNA النووية، وفي الحالات التي تتفسخ فيها الجثة البشرية، فإن DNA المايتوكندريا تُسْتَعملُ لمعرفة هوية صاحب الجثة. مثلاً جثة آخر قيصر لروسيا نيكولاس الثاني Nicholas II (الذي قتله البالشفيك مع كامل أسرته) وجثة جيسي جيمس Jesse James، المجرم الأمريكي، عرفت هويتهما إيجابياً وذلك بمقارنة DNA المايتوكندريا مع DNA خاصة بأقارب أحياء معروفين ـ كما في قضية القيصر ودوق أدنبره. ومؤخراً، فُحِصتْ جُثةُ أناستاسيا، نجمة فيلم ديزني، وذلك بمقارنتها مع DNA الخاصة بالدوق، وتبين أنّها كانت في الواقع محتالة، ولم تكن ابنة القيصر نيكولاس، كما ادعت.

وهكذا نجد أن المايتوكندريا يمكن أن تؤدي إِلى موت الخلية وذلك بتشكيل الشقوق الطليقة السامّة وتخريب المتحولات وهبوط

بطيء في تكوين الطاقة يؤدي إِلى موت محتم للخلية. وتقول الأبحاث الحديثة إن المايتوكندريا يمكن أن تقوم بدور أكثر نشاطاً في قتل الخلايا. إن المايتوكندريا هي في الواقع قتلة الخلايا.

تموت الخلايا بطريقتين مختلفتين: طريقة الانتحار المنظّم وطريقة الانفجار المشوش. وتُعرف الطريقة الأولى باسم الموت الذاتي، وتُعرف الطريقة الثانية باسم التنكرز. ويمكن أن يشبه التنكرز بجريمة وحشية مسعورة. فالمايتوكندريا وأجزاء أُخرى من الخلية تنتفخ كالبالون وتنفجر مطلقة محتوياتها إِلى داخل الخلية أولاً ثم خارجها، لأن كل الخلية تنفجر. ويسبِّب هذا النوع من موت الخلية مشاكل لبقية الجسم، لأن كل محتويات الخلية، بما في ذلك المواد الكيميائية السامّة والأنزيمات تُطلق، مما يسبِّب تخريباً للخلايا المحيطة والتهاباً عاماً. أما الموت الذاتي أَو «موت الخلية المبرمج»، وهو التعبير الأكثر انتشاراً، فعبارة عن عملية منتظمة على نحو أفضل، والتي بواسطتها تُقتلُ الخلية بالتدريج وتُهضَمُ من الداخل، وليس هنالك شيء يُطلق، وتتفكّك الخلية من الداخل وتتقلّص ببطء، وفي النهاية تُبتلعُ وتُهضَمُ من قبل خلايا الدم البيضاء: تقلص صامت خفي وليس انفجاراً شديداً. حسناً، ولكن لماذا تريد خلية أن تنتحر؟ عادةً لأن الخلايا لم تعد تحتاج إليها (كخلايا الدماغ الزائدة أثناء تطورها أَو امتلاء الرحم خلال الحيض) أَو لأن الخلايا مصابة بمرض (كالخلية السرطانية أَو المصابة بڤايروس) وهكذا يستطيع الموت الذاتي أن يقوم بدور حيوي في إعطاء شكل للجسم أَو حمايته. ومع أن برنامج

الانتحار لا يخرج عن نطاق السيطرة، وهذا شيء هام أن يكون كذلك، ولكن إذا كان هنالك الكثير من الانتحار فإن الجسم سوف ينهار، وإذا كان هنالك القليل منه، فإن السرطان والمرض سينتشران دون كابح. إن مراقبة برنامج موت الخلية لأمرٌ هام بالنسبة للأمراض البشرية الأكثر خطراً. وتسبِّب الحالات التفسخية العصبية، كمرض ألزهايمر ومرض باركنسون والسكتة الدماغية، موتاً مفرطاً للخلية العصبية الدماغية، لأن الموت الذاتي يَنْشُطُ بصورة مفرطة، بينما تُكْبَحُ آلية الموت الذاتي للتحولات الرئيسية التي تسمح للخلايا السرطانية أن تبقى على قيد الحياة.

تقوم المايتوكندريا بدور هام، كما يبدو، في تحريض عملية الموت الذاتي وعملية التنكرز اللتين يعلنان حكم موت الخلية. وقد لا يكون ذلك مجرد صدفة لأن المايتوكندريا هي الهدف الرئيسي لمنبهات مؤذية كالسموم والشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً والكالسيوم المفرط ونقص الأوكسجين. وتُصاب المايتوكندريا بالأذى من قبل هذه المنبهات. ويؤدي هذا الأذى إلى توقف إمداد بقية الخلية بالطاقة، وبدون الطاقة تخرج الخلية كلها عن نطاق السيطرة. أما العمل المذهل الذي تعتمد عليه حياة الخلية فهو الإمدادات المستمرة للطاقة: وبدونها تنهار الخلية فعلاً. وبدون الطاقة لا يمكن منع الجزيئات، التي ينبغي أن تبقى خارج الخلية، من الدخول إليها. كما أن الجزيئات التي ينبغي أن تبقى داخلها لا يمكن إيقاف تسربها إِلى الخارج. ولما كانت المايتوكندريا حسَّاسة تجاه الأحداث المميتة التي

تسبِّب التنكرز، فمن المعقول بيولوجياً أن تكون المنبهات للموت الذاتي كذلك. فإذا كانت الخلية معرّضة للأحداث المميتة (كمقدار سام من الإشعاع مثلاً) فمن الأفضل لبقية الجسم أن تقتلَ الخلية نفسها بسرعة بواسطة الموت الذاتي قبل أن تسيطر عملية التنكرز وتفجر الخلية مسبِّبة أضراراً للخلايا المجاورة. ولا يكون الموت الذاتي سريعاً دائماً على نحو كاف لكي يسبق التنكرز، وإذا كان الأذى شديداً فلن يكون هنالك طاقة كافية لشحن الموت الذاتي بالطاقة. إن التضحية بالذات التي يقوم بها الموت الذاتي تُنفَّذُ من قِبل آلات جزيئية تدعى «كاسباسات» وهي عبارة عن مقصات جزيئية إذا نُشِّطتْ، تتجوّل في الخلية وتقطع آلات جزيئية أُخرى. وتنشط الكاسباسات إذا قطعتها كاسباسات أُخرى. فإذا نشطت واحدة منها فإن سلسلة من الكاسباسات تتضاعف على شكل انهيار من ضربات مقص جزيئي، وناقوس الموت الجزيئي ناقوس دموي لا يرحم، كأفلام العنف. وتستطيع المايتوكندريا أن تُطلق هذا الانهيار وذلك بإطلاق عوامل، محفوظة عادة بصورة آمنة داخل المايتوكندريا، التي إذا أُطلِقت تُنَشِّطُ الكاسباسات وتهيء الطريق لموت الخلية. وفي سنة 1996 كان مجال بحث الموت الذاتي، الذي كان جديداً والذي يتوسع الآن مندفعاً عندما قال زياودونغ وانغ Xiaodong Wang من جامعة تكساس إن هذا الانهيار المميت كان يُحرَضُ بإطلاق كروموزونات الخلية C من المايتوكندريا. وكروموزونات الخلية C عبارة عن بروتين صغير محترم اكتشفه كيلين Keilin سنة 1933 وعُرفت أهميته بالنسبة لتشكيل الطاقة

في كل أشكال الحياة تقريباً. ولكن ماذا كان يفعل لتحريض الانتحار الخليوي؟ إن أحداً في ذلك الوقت لم يصدّق أن ذلك كان صحيحاً. وعلى كل حال، الذي كان لا يمكن تصديقه تبين أنه كان صحيحاً. فكروموزونات الخلية C محفوظة بأمان في المايتوكندريا وتؤدي مهمة حيوية تقوم على تمرير الإلكترونات عبر سلسلة تنفسية خاصة بالمايتوكندريا. ولكن إذا ثُقِبت المايتوكندريا، فإنّها تنطلق في أنحاء الخلية، حيث تُنَشِّط الكاسباسات المميتة. وهكذا نجد أن الكاسباسات هي المنفذ لحكم إعدام خلية الموت الذاتي، أما المنبه المتعذر إلغاؤه والذي يضبط التنكرز وإعدام خلية الموت الذاتي فعبارة عن ثقب ضخم أَو مسام موجود في غشاء المايتوكندريا ويُعرف باسم «مسام الانتقال النفَّاذ» وعادة يبقى مغلقاً، وإِلاَّ لا تستطيع المايتوكندريا أن تؤدي وظيفتها التي تقوم على تزويد الطاقة إِلى بقية الخلية. ولكن المسام حساسة بالنسبة للمنبهات المميتة كالشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً أَو الكلس المفرط. وفي هذه الحالات تنفتح المسام على شكل فتحة كبيرة في مركز المايتوكندريا. وإن فتح هذه المسام يؤدي إِلى آثار ضارّة تقع على الخلية، لأن المايتوكندريا غير قادرة عندئذٍ على تشكيل الطاقة، وتحكم على الخلية بالموت بطريقة التنكرز. وفتح المسام يجعل المايتوكندريا تُطلق كروموزونات الخلية C التي تُنَشِّطُ الكاسباسات وتؤدي إِلى موت الخلية بطريقة الموت الذاتي. وهكذا نجد أن المسام هو المنبّه لجرعة مزدوجة من الموت. ويبدو أن هذا ما يحدث لخلايانا عند الإصابة بنوبة قلبية أَو سكتة دماغية.

وينشأ توقف القلب أَو السكتة الدماغية عن انسداد الأوعية الدموية التي تنقل الدم للقلب والدماغ. وهكذا لا تستطيع خلايا هذه الأعضاء أن تحصل على ما يكفي من الأوكسجين لتزود به المايتوكندريا الخاصة بها. وفي هذه الظروف غير السعيدة تفتح المايتوكندريا المسام بصورة انتحارية مما ينتج عن ذلك إما موت الخلية بطريقة التنكرز أَو بطريقة الموت الذاتي. وبعد نوبة قلبية أَو سكتة دماغية، تموت بعض الخلايا بطريقة التنكرز (ربما تلك الخلايا التي أُصيبت بالضرر أكثر من غيرها) بينما تموت أُخرى بطريقة الموت الذاتي (والتي تتبدّد بسرعة). وتتسابق شركات الأدوية الآن لتطوير أدوية تحبط الموت الذاتي أَو تمنع فتح المسام. وقد تُعالج تلك الأدوية الكثيرَ من الأمراض. وعلى كل حال، ليس من الواضح حتى الآن أن إحباط الموت الذاتي سيكون مفيداً لأن الخلية المُصابة يمكن عندئذٍ أن تتحوّل إِلى الموت بطريقة التنكرز وتسبّب المزيد من الأذى. وحتى لو مُنِعَ التنكرز، فإن الخلية المصابة قد لا تقوم بوظيفتها على نحو طبيعي أَو قد تشكل شقوقاً طليقة غير متحدة كيميائياً، مسبِّبة ضرراً مؤجلاً واختلالاً وظيفياً.

وهكذا نجد أن خلايانا وافقت على صفقة ذات ربح عاجل وضرر مؤجل، عندما قبلت منذ البداية بالمايتوكندريا منذ بليون سنة. ومقابل قدرة متزايدة من أجل تشكيل واستخدام الطاقة، قبلت الخلية كذلك حكم موت مؤجل. وقد رأينا أن قدرة المايتوكندريا لتشكيل الطاقة تخلق حتماً الشقوق الطليقة المؤذية المسؤولة عن الشيخوخة

وأمراض كثيرة. وهنالك من قال إن أسلاف المايتوكندريا كانت تحتوي، منذ بليون سنة، على مادة التوكسين السامّة التي تمنع الخلية الكبيرة من تحطيم الخلية الصغيرة الموجودة في داخلها. ومع مرور الزمن أصبح للخلية الكبيرة التي أصبحت خليتنا، سيطرة ما على إطلاق هذا التوكسين، وهكذا نشأ موت الخلية المبرمج. واللعب مع الموت أمر خطير، وحتماً تُمنى اللعبة بالإخفاق أحياناً، إضافة إِلى نتائج مميتة.

القول بأن المايتوكندريا الخاصة بنا، تلك الوحوش القديمة التي ظننا أنّها وديعة وغير خطيرة وهي في الواقع قتلة صامتة، قد نَشَّطَ هذا القول ثانية البحث العلمي في مجال المايتوكندريا ووضعه في مقدمة البحث البيولوجي والطبي. ولكن هل المايتوكندريا من أصدقائنا أم من خصومنا؟ قال مؤخراً باحث في الموت وأسبابه (وهو ريتشارد ميللر Richard Miller): «المايتوكندريا ـ وحش ضار يستيقظ! فإذا تُرِكتْ وشأنها في نومها النشوئي العميق فإنها حتماً من أصدقائنا. ولكن، من فضلك ـ لا تُقلق راحتها».

تحت هدير الأعماق

وبعيداً تحت بحر سحيق

ونوم غير مرغوب فيه، قديم وبلا أحلام

ينام الوحش كراكن: ويهرب نور الشمس الباهت

من جوانبه المظلمة، وفوقه يرتفع

اسفنج نما وارتفع منذ آلاف السنين

وبعيداً في الضوء الشاحب

ومن كهف عجيب وخلية غامضة

حيوانات مائية ضخمة، لا تعد ولا تحصى

والأعشاب الخضراء الهاجعة تطير بأذرع ضخمة.

لقد تمدد هنالك لعصور وسوف يتمدد

يعيش على ديدان البحر العميق في ليله

حتى تُدَفِّئ النار الحديثة العمق

بعدئذٍ يُشاهدُ من قبل الإِنسان والملائكة

وسوف ينهض وهو يزأر، وعلى سطح الماء سوف يموت

[الكراكن، تأليف الفريد، اللورد تينيسون 1880]

الفصل 7

سرعة الحياة والموت

هنالك، كما يبدو، علاقة غامضة ولكن أساسية بين الطاقة والزمن. كأفراد، عندما نكون في طاقتنا الكاملة، يبدو الزمن وكأنه يمضي بسرعة، ولكن إذا افتقرنا إليها، فإنه يمر ببطء وإملال. فإذا قارنا أصنافاً من المخلوقات، نجد حيوانات، كالسلحفاة مثلاً، تعيش الحياة ببطء وتصل إِلى سن متقدِّم وناضج، بينما نجد حيوانات كفأر يسمى الزنانة يحتاج الكثير من الطاقة ويعيش الحياة بسرعة شديدة الاهتياج، ولكنه يموت في سن مبكرة، كما لو أنه احترق أَو تبدَّد.

إن إجمالي تشكيل الطاقة لدى الإِنسان أَو الحيوان يدعى «معدّل سرعة الاستقلاب» ويُقاس هذا المعدل بمقدار الحرارة التي يشكّلها الجسم أَو مقدار الأوكسجين الذي استهلكه. إن معدل سرعة الاستقلاب خاصة أساسية للمخلوق الحي، لأن هذا المعدل يحدِّد مقدار الطاقة التي على المخلوق الحي أن يَصْرفها من أجل استعمال العضلات والنمو والإنجاب، إضافة إِلى مقدار الطاقة التي يحتاجها

كطعام من البيئة كل يوم، وتشبه سرعة الاستقلاب لدى فرد أَو نوع من المخلوقات الأُخرى راتب شخص ما أَو (الإنتاج الكلي للأمة) في قطر ما. إنها تخبرك عن مجمل المصادر، ولهذا تأثير كبير على البنية والسلوك ونمط الحياة.

تعاني معظم الحيوانات من فترات عجز في الطاقة، عند مقدار من طاقة الطعام الذي يحصلون عليه يُقَيِّدُ ما يستطيعون عمله فيما يتعلّق بالحركة والتكاثر وتشكيل الحرارة. وينبغي أن يُوازِن مقدار طاقة الطعام الوارد مقدار الطاقة المستعملة. وإذا اختل هذا الميزان الدقيق بسبب نقص طاقة الطعام أَو بسبب زيادة مفرطة في استهلاك الطاقة، فإن الموت محتم إِلاَّ إذا استعيد التوازن بسرعة. وإن تطور معظم أنواع الحيوانات والنباتات قد هُيمنَ عليه من قِبل ضرورة توازن الطاقة أَو مواجهة الموت. ونتيجة لذلك، نشأت الحيوانات على توزيع مصادر الطاقة المحدودة بصورة اقتصادية بين حاجات استهلاك الطاقات المختلفة من أجل الحياة: النمو، التكاثر، الحركة وتشكيل الحرارة. على أُنثى طائر صغير في الشتاء أن تقدِّر بطريقة ما كلفة أَو قيمة الطاقة من أجل الطيران للبحث عن الطعام، وتعريض نفسها للبرد، المتعلّق بحاجتها المستمرة لطاقة الطعام. عليها أن تقدّر دخلها من الطاقة المتعلقة بالمقدار الذي تستطيع أن تستهلكه من أجل النمو، كم بيضة، وكم حجم البيض الذي تستطيع أن تشكِّله؟ وكم من الزمن يمكن أن يمضي من أجل رعاية فراخها. حتى حَضْنُ أنثى الطائر بيضها ليفقس يحتاج طاقة. ومما لا شك فيه أن أُنثى الطائر لا تقدِّر

هذه الأمور على نحو واعٍ، ولكن التطور وهبها غريزة وسلوكاً من أجل معادلة الطاقة. ولأنَّ كل الحيوانات والنباتات في النظام البيئي تتنافس من أجل الطاقة أَو يأكل بعضها بعضاً من أجل الطاقة، فإن شبكة الحياة بكاملها مرتبطة بسلسلة من تبادلات الطاقة التي يجب أن تصل إِلى المستوى الأمثل إذا كان على المخلوقات أن تبقى على قيد الحياة. إن مقدار الزمن والطاقة اللذين نحن البشر نخصّصهما للعمل والراحة واللعب والنوم والجنس والتكاثر قد تَحَدَّدَ منذ وقت طويل من خلال التطور لنوعنا البشري خلال كفاح من أجل معادلة طاقتنا الخاصّة بنا.

تُعْرَفُ طاقتنا التي تُقاس أثناء الراحة باسم «معدل سرعة الاستقلاب أثناء الراحة». وعندما لا نشعر بالبرد وعندما لا نكون قد تناولنا أي طعام لمدة اثنتي عشرة ساعة فإن المعدل يُعرفُ باسم «معدل سرعة الاستقلاب الأساسي» (لأنه المعدل الأدنى أَو الأساسي عندما نكون في حالة استيقاظ). بالنسبة لشخص راشد أثناء الراحة، ليس هنالك طاقة تستعمل للقيام بأي عمل، وليس هنالك طاقة تصان، ولكنها تطلق كلها على شكل حرارة. إن معدل الاستقلاب الأساسي لإِنسان راشد يتراوح من ستين إِلى مئة وات. وهذا يعني أن إِنساناً راشداً يَستخدم أثناء الراحة المقدار نفسه من الطاقة ويشكّل الحرارة نفسها لمصباح ضوئي عادي. وعلى كل حال، وخلال ذروة التمارين، يكون تشكّل الطاقة والحرارة أعلى بعشرة أضعاف، وهذا يساوي عشرة مصابيح ضوئية. ويرتفع معدل الاستقلاب (إِلى

العشرين بالمئة تقريباً) بعد وجبة طعام لأننا نستخدم الطاقة لنعالج الطعام ونخزنه. ويزداد المعدل كذلك في حال الانفعال أَو الخوف، لأن هرمون الأدرينالين (وتحريض الجهاز العصبي الودي) يمكن أن يزيد في استخدام الطاقة حتى نسبة مئة بالمئة. وترتفع عندما نشعر بالبرد لأننا نطلق هرمون الأدرينالين ونرتعش للمحافظة على دفئنا. ومن السهل أن نتخيل أن طاقتنا تزداد عندما نفكّر باجتهاد بالغ، وفي الواقع يندر أن تتغيّر، وتنخفض بنسبة عشرة بالمئة عندما ننام.

المقدار المتوسط من الطاقة الذي نستعمله خلال يوم عادي من الحياة الحقيقية يعرف باسم «المجال» أَو المعدل المتوسط للاستقلاب اليومي. والمعدل المتوسط للاستقلاب اليومي أكبر من معدل الاستقلاب الأساسي لأنه يعطينا معدل فترات الراحة وفترات التمرين والتغذية والارتعاش. وعلى كل حال «المجال» أَو المعدل الوسطي للاستقلاب لمعظم الناس أعلى بخمسين بالمئة تقريباً من المعدل المتوسط للاستقلاب. ويبدو أن هذا أمر يدعو للدهشة، لأنه يدل ضمناً على أن المرء الذي يعيش حياته يحتاج طاقة أكثر بقليل من ألاّ يفعل شيئاً. ولكن من وجهة نظر أُخرى، يعكس هذا الأمر حقيقة؛ وهي أن أجسامنا (وعقولنا) تستهلك طاقة كبيرة أثناء الراحة أَو أثناء الوضع الأساسي. ويُستخدم استهلاك الطاقة أثناء الراحة للمحافظة على بنية أجسامنا وتزويد معالجة المعلومات بالقدرة والإبقاء على دفئنا.

يختلف معدل الاستقلاب اليومي حسب الأشخاص وحسب

أعمالهم. فإذا لم نقم بأي عمل على الإطلاق، فإن المعدل المتوسط يساوي المعدل الأساسي، الذي يقرب من 1600 كالوري في اليوم. والمعدل المتوسط لموظف في مكتب أَو زوجة في العالم المتطور أعلى بخمسين بالمئة من المعدل الأساسي. وهذا يعادل 120 وات أَو 2400 كالوري في اليوم. ولذلك، من أجل تعويض هذه الطاقة، على الفرد أن يأكل قرابة 2400 كالوري من طاقة الطعام كل يوم. وأكثر الأعمال اليومية مَشَقَّة، كالعمل اليدوي في المناجم أَو أعمال السباكة، لها معدل متوسط للاستقلاب أعلى بثلاثة أضعاف من المعدل الأساسي (يصل إِلى 4800 كالوري في اليوم لدى الرجال). ويتطلب هذا العمل ثلاثة أضعاف الطعام والهواء. وللحيوانات الأليفة كالخراف والماشية معدل متوسط يعادل ضعف معدلهم الأساسي، وللحيوانات البرية معدل متوسط يعادل ثلاثة أضعاف المعدل الأساسي. تعكس هذه الاختلافات الاستخدام الكبير للعضلات والحاجة من أجل توليد الحرارة في الحياة البرية ونمط حياة الحيوانات الأليفة التي لا تتطلّب نسبياً الكثير من الحركة، ونمط حياة معظم الناس في العالم المتطور.

إن المعدل الأساسي لاستقلاب الحيوانات الصغيرة أقل من معدل الحيوانات الكبيرة لأن هنالك القليل من الحيوانات الصغيرة. على كل حال، إن المعدل الأساسي للاستقلاب في غرام واحد من وزن جسم الحيوانات الصغيرة أكبر من معدل الحيوانات الكبيرة. إنّه أكبر بخمس وعشرين مرّة في الفئران منه في الفيلة. وهذا يعني أن قطعة لحم ذات

غرام واحد من الفأر تعمل بخمس وعشرين ضعفاً أسرع من قطعة لحم ذات غرام واحد من الفيل. وهنالك علاقة رياضية بين حجم كل أنواع الثدييات والطيور ومعدل استقلابها. وأول من جاء على ذكر ذلك العالم الفيزيولوجي الأميركي السويسري ماكس كليبر سنة 1932 Max Kleiber، وتأخذ صيغة قانون بيولوجي يربط وزن الجسم بالمعدل المتوسط للاستقلاب. ومع أن هذه العلاقة قد تأكّدت بالنسبة للكثير من الحيوانات، إلاَّ أن سببها قد أدَّى إلى جدل كبير. لماذا تستخدم الحيوانات الصغيرة طاقة لكل غرام أكثر من الحيوانات الكبيرة. ويبدو أن أهم سبب أنه ينبغي على الحيوانات الصغيرة أن تشكّل نسبياً حرارة أكثر لكل غرام لكي تعطي حرارة الجسم نفسها كالحيوانات الكبيرة. أَو بتعبير آخر، ينبغي على الفيل أن يشكِّل حرارة في وسط جسمه أقل من الفأر لأن على الحرارة أن تنتقل علاوة على ذلك إلى السطح، ومساحة سطحية قليلة تتعلّق بوزنه لكي يتخلّص من الحرارة. وهكذا، إذا شكّل فيل حرارة مثل معدل حرارة الفأر فإنه سيقوم بعملية الطهو في الداخل.

متطلبات حرارة حيوانات الدم الحار لا تفسّر تماماً شكل العلاقة بين حجم الجسم ومعدل الاستقلاب. وهنالك سبب آخر حول ذلك أشار إليه غاليليو سنة Galileo 1637. لقد بيَّن غاليليو أن عظام الحيوانات الكبيرة ينبغي أن تكون أكثر سماكة من عظام الحيوانات الصغيرة لكي تسند الوزن الزائد. ولو كان جسم الحيوان الصغير أكبر بعشرة أضعافه الآن، فإن هذا الحيوان الذي أصبح أكبر حجماً لن

يقوم بعملية الطهو بالداخل فقط ولكنه سوف ينهار تحت وزنه لأن عظامه قد تهشمت. وهنالك مثال رياضي أكثر عصرية حول هذه النظرية جاء به ماكماهون McMahon سنة 1973، لقد درس القوى الواقعة على الهياكل العظمية لحيوانات مختلفة الأحجام خلال الراحة والعدو ومقدار العضلات والاستقلاب المساند لتحريك الهيكل العظمي. واستنتج أن العلاقة بين حجم الجسم ومعدل الاستقلاب يمكن أن يفسّر بدقة إذا كان الضغط الأساسي على تصميم الجسم كان ضرورياً للمحافظة على القوى ذاتها الواقعة على الهيكل العظمي. وهكذا نجد بصورة واضحة أن السبب الذي من أجله للحيوانات الكبيرة معدل استقلاب لكل غرام أقل من معدل الحيوانات الصغيرة يعود من جهة إلى متطلبات الحرارة ومن جهة أُخرى إلى متطلبات بنية الهيكل العظمي.

الضرورة التي من أجلها كان للحيوانات الصغيرة معدل استقلاب في كل غرام أسرع من الحيوانات الكبيرة تؤدي إلى آثار مثيرة تقع على أعمالها، ووظائف أعضائها، وسلوكها، ونمط حياتها، وبيئتها. الحيوانات الصغيرة أسرع فيما يتعلّق بنبضات قلبها وتنفّسها واستقلابها والحصول على طعامها ونموها ونضوجها وبالتالي فترة حياة أقصر. فهي تعيش حياتها بصورة أسرع وهذا سبب مباشر لمعدل أسرع لاستقلابها. الزَّبانة، حيوان من آكلات الحشرات ويشبه الفأر، (وهو أصغر حيوان ثديي، ووزنه قرابة ثلاثة غرامات) له قلب ينبض ألف مرة في الدقيقة، بينما يخفق قلب الفيل ثلاثين مرة في الدقيقة.

ويصعب أن يُشَاهدَ هذا الحيوان أثناء استيقاظه لأن تحركاته التي لا تهدأ سريعة للغاية، ويعيش بسرعة مختلفة. وبسبب الاستقلاب المسعور، فإن عليه أن ينتزع ويأكل طعاماً يعادل وزن جسمه كل يوم. وفي الواقع لا يستطيع الزبَّانة أن ينام أكثر من ساعة أَو ساعتين، وإِلاَّ ينفد احتياط طاقة جسمه ويستيقظ ميتاً. وبدلاً من ذلك، يركض مسرعاً بين فترات نومه القصيرة وبحثه المسعور عن الطعام، عشر أَو عشرين مرة في اليوم. ويعيش من 10 ـ 20 يوماً من أيام كوكبنا الأرضي. وبالمقابل، الحوت الأزرق (أكبر الحيوانات على الأرض ووزنه قُرابة 150 طناً) يستطيع أن يسبح بانتظام من طرف العالم إِلى طرفه الآخر دون تناول طعام لعدة أشهر، لأن استخدام طاقته، نسبة للحجم المخزون منها، منخفض للغاية. كما أن معدل استقلاب الحوت المنخفض نسبياً يمَكِّنه أن يَغطس تحت السطح حتى عشر ساعات، لأن المخزون من الأوكسجين في جسمه يمكن أن يسد حاجته من استخدام الطاقة المنخفض.

المعدلات المختلفة جوهرياً والتي بموجبها تعيش الحيوانات المتنوعة حياتها، أدَّت إِلى مفهوم «الزمن الفزيولوجي». وهذا يعني أن الحيوانات المختلفة تعيش بمعدلات مختلفة، أما المقياس الزمني الذي بموجبه يعيش الحيوان فينبغي أن يُقاس بالدورات الفزيولوجية مثل نبضات القلب وليس بتوقيت الساعة. يَنبضُ قلب الفأر 600 مرة في الدقيقة وأقصى فترة لحياته ثلاث سنوات تقريباً، ولذلك يمكن أن ينبض 800 مليون مرة خلال حياته. ومع أن قلب الفيل ينبض فقط

ثلاثين مرة في الدقيقة، لأنه يعيش مدة أطول، فإن المجموع الكلي لنبضاته خلال حياته مشابه لنبضات الفأر. وإن فأراً يزن ثلاثين غراماً ويتنفّس 150 مرة في الدقيقة سوف يتنفس 200 مليون مرة خلال حياته البالغة ثلاث سنوات. وإن فيلاً يزن خمسة أطنان ويتنفس ست مرات في الدقيقة سوف يأخذ عدد المرات نفسها من التنفس خلال حياته البالغة أربعين سنة. ومع أن الفأر والفيل يعيشان بموجب معدلات مختلفة، فإن المقادير الكلية للطاقة والطعام والأوكسجين نفسها تقريباً لكل غرام خلال مدى الحياة. وإذا قيس الزمن بنبضات القلب وليس بزمن الساعة، لوجدنا أن معدل الاستقلاب والنشاط الجزيئي ومعدل التنفس ومعدل النضوج ومدى الحياة لكل الثدييات نفسها تقريباً.

هنالك قاعدة تقول إن المقدار الكلي للطاقة المستخدم في مدى الحياة المتوسط متعادل تقريباً، ويستثنى من القاعدة الناس الذين يعيشون مدة أطول بأربعة أضعاف مما ينبغي حسب حجم الجسم ومعدل الاستقلاب. وسبب هذا العمر الطويل النسبي غير معروف ولكنه قد يعكس طفولة مديدة نسبياً وانتقال المعرفة من جيل إلى جيل، ولذلك فَضَّلَ التطورُ بقاءَ الأعضاء المسنين. ولكن عموماً، بالنسبة لكل أنواع الثدييات والكثير من الحيوانات الأُخرى، نجد العلاقة بين حجم الجسم ومعدل الاستقلاب ومدى الحياة القصوى أمراً يثير الإعجاب والدهشة. إن أي نظرية جادة عن مدى الحياة وكيف تحدث الشيخوخة ينبغي أن تُفسّر الحقيقة وهي أن الحيوانات الصغيرة التي لها معدلات استقلاب عالية، مدى حياتها الأعظمي

أقصر بكثير من الحيوانات الكبيرة التي لها معدلات استقلاب منخفضة (لكل غرام). النظرية العامة التي تقول إن الخطوة السريعة للحياة أَو معدل الاستقلاب يسبِّب، بطريقة ما، شيخوخة عاجلة، تُعرف بنظرية «معدل حياة» الشيخوخة.

نظرية «معدل الحياة» لها تاريخ طويل ولكن أكثر مؤيديها حماسة، والرجل الذي أعطاها اسمها الجذّاب، كان ريموند بيرل Raymond Pearl. كان بيرل (1879 ـ 1940) عالماً كثير الإنتاج وهو الذي بَسَّط العلم وجعله في متناول الجمهور في جامعة جون هوبكنز في مدينة بولتيمور. كان طويلاً وذكياً بصورة غير عادية، ومتفوقاً على أقرانه موضوعياً ومجازياً. وقد قال عنه البعض بأنه شخص متعجرف ومستبد على نحو غير مألوف. نشر خلال حياته سبعة عشر كتاباً وأكثر من سبع مئة بحث علمي. وكَتَبَ كذلك للصحف والمجلات حول الكثير من المواضيع بدءاً من ذبابة الفاكهة إِلى العلاقة بين التدخين والسرطان. وإذا تابع نظرية معدل الحياة بهذا النشاط، فإننا نتوقع أنه ربما يموت صغيراً، ولكنه في الواقع بلغ الواحدة والستين متمتعاً بالاحترام، وعندما وصل إِلى ما فوق الخمسين قال إن الناس أصبحوا أغبى أَو أكثر خرفاً من أن يدلو بأصواتهم. واعتقد بيرل أن الشيخوخة أثر جانبي حتمي لاستقلاب سريع للطاقة. وكتب مقالة إِلى جريدة بولتيمور صَنْ سنة 1927 عنوانها «لماذا يعيش الناس الكسالى حياة أطول من غيرهم» كما قال كذلك إن عمر النساء أطول لأنهن يقمن بعمل بدني أقل من الرجال. جمع بيرل المعلومات حول طول العمر

من حرف ومهن مختلفة والمقادير المختلفة للعمل البدني، وبالتالي حول معدلات الاستقلاب المختلفة. وقد وجد، وربما على نحو غير مفاجئ، أن الناس الذين يعملون بحرف تتطلب جهداً بدنياً كبيراً، كعمّال المناجم، متوسط أعمارهم أقصر من أولئك الذين يقومون بعمل بدني ضئيل، كالأكاديميين ومثل بيرل نفسه. ولا شك أن هنالك تفاسير أُخرى لنتيجة هذا البحث تتعلّق بآثار الفقر والغذاء والرعاية الصحية، ولكن بيرل رأى في تلك النتيجة دليلاً قوياً من أجل نظرية معدل حياة الشيخوخة. ولو كانت هذه النظرية صحيحة لكان لها أثر مروع يقول إن التمرين يُقَصِّر حياتك بينما الجلوس لمدة طويلة ومشاهدة التلفزيون يطيلها. وإنه أمر غير مشجع (ومشجع للمتزمتين منا). إننا نعرف الآن أن هذا ليس صحيحاً: أي أن الرياضيين المحترفين الذين يستعملون طاقة أكثر بكثير من الشخص المتوسط يعيشون المدة نفسها التي يعيشها غيرهم. وهكذا ماتت نظرية معدل حياة الشيخوخة، ولكننا نحتاج تفسيراً حول لماذا يتعلق معدل الحياة، الذي يقاس بمعدل الاستقلاب، بمدى الحياة؟ يعتقد الكثير من الباحثين، إذا لم يكن معظمهم، أن الشيخوخة مرتبطة، بطريقة ما، بالضرر المتراكم الذي تسبِّبه الشقوق الطليقة غير المتحدة كيميائياً: أي إن الحيوانات التي معدل استقلابها أعلى من غيرها يمكن أن تشكِّل المزيد من الشقوق الطليقة كآثار جانبية لاستقلابها، ولذلك فإن مدى حياتها أقصر من غيرها. ويمكن أن يتناسب مقدار الشقوق الطليقة التي يشكّلها حيوان مع مقدار الطاقة التي تشكّلت. وهكذا نجد أنه إذا

شَكَّل حيوان واستخدم الكثير من الطاقة فإنه يشكِّل الكثير من الشقوق الطليقة. وبالتالي يمكن أن يُقَصِّر حياته. أما المغزى من هذا كله فهو أنّك تستطيع أن تختار حياة سريعة قصيرة أَو حياة بطيئة طويلة. ولكنك تحصل على المقدار نفسه من العيش إذا اتبعت هذه الطريقة أَو تلك.

ولكن هل يعيش الناس بمعدلات مختلفة؟ للأطفال والرضع استقلاب (لكل غرام) أعلى من الناس البالغين. للأطفال معدل تنفس وقلب أسرع من البالغين، ولهم كذلك مايتوكندريا أكبر ويستخدمون طاقة أكثر (لكل غرام). ويمكن أن يفسّر هذا لماذا يبدون أكثر حيوية أَو نشاطاً ويعيشون حياتهم بخطوة أسرع. يندفع الأطفال بسرعة وبصورة متكررة. وينتقلون باهتياج بين أنشطة مختلفة ومواضيع فكرية وأمزجة متنوعة على نحو أسرع بكثير من الراشدين. ويحتاج الأطفال لتناول طعامهم في أحوال كثيرة وأن يناموا مدة أطول ليحافظوا على مستويات عالية من الطاقة. ويبدو الأطفال كذلك أنّهم يعيشون حياتهم بخطوات أسرع من الراشدين، وبالنسبة لمقياسهم الزمني، يبدو العالم بالنسبة إليهم بطيء الحركة. وهكذا تمر الدقائق والأيام، كما تبدو، بخطى بطيئة. كما لا بد أن عالم الكبار يظهر بالنسبة إليهم كعالم ممل وساكن. وينخفض (في كل غرام) معدل استقلاب البشر والحيوانات الأُخرى بعناد واستمرار مع تقدّم العمر منذ الولادة حتى الموت، ولذلك، للمسنين معدل استقلاب أبطأ من أولئك الذين في العشرينيات. وهكذا نجد أن المسنين يأكلون كميات أقل، ولكن غالباً

ما يزداد وزنهم، وينامون لفترات أقصر، ويبدون أقل نشاطاً. وهنالك أسباب أُخرى لهذه التغيرات، ولكن انخفاض معدل الاستقلاب يشارك هذه الأسباب المؤدية لتلك التغيرات. وعموماً تتباطأ خطوة الحياة مع تقدّم العمر. ويندر أن تتغير أنشطتنا وأفكارنا وأمزجتنا. وتقل أفعالنا كما تقل الأشياء الجديدة التي نقوم بها. وضمن هذا الإطار، يبدو لنا العالم أنه يسير بخطى أسرع ـ وتمر الساعات والأيام والسنوات سريعاً.

ولكن هل الاختلافات في الطاقة الظاهرة للراشدين المختلفين (طاقة النشيطين وطاقة الكسالى) ناشئة عن معدلات استقلاب مختلفة؟ ليس الأمر بهذه البساطة: هنالك عوامل اجتماعية ونفسية وفزيولوجية عصبية تقوم بدور في تحديد الطاقة والسرعة في الحياة. هنالك، هرمونان، بوجه خاص، هرمون الغدة الدرقية والأدرينالين، لهما تأثيرات على كل من معدل الاستقلاب وشعورنا بالطاقة. يشكِّل الناس المختلفون مستويات مختلفة من هذين الهرمونين اللذين يؤديان إِلى شعور شخصي مختلف عن الطاقة وسرعة مختلفة عن الحياة. فالناس الذين لديهم فرط في نشاط الغدة الدرقية نجد الكثير من هذا الهرمون في أجسامهم، بينما يشكِّل الأشخاص الذين لديهم قصور في الغدة الدرقية القدر القليل للغاية منه. يقوم هرمون الغدة الدرقية بأَشياء مختلفة في الجسم، فيزيد، بوجه خاص، معدل الاستقلاب وذلك بزيادة المايتوكندريا والمكونات الأُخرى لاستقلاب الطاقة في كل من الجسم والدماغ. وازدياد هرمون الغدة الدرقية في الجسم يمكن أن

يضاعف معدل الاستقلاب بينما يمكن لنقص الهرمون أن يخفض الاستقلاب للنصف. وليس للأشخاص المصابين بفرط في نشاط الغدة الدرقية معدل استقلاب عال فقط، ولكن لديهم كذلك معدل قلب وزمن تفاعل أسرع من غيرهم، وكأنهم منفعلون أَو مشحونون بالطاقة باستمرار. أما المصابون بقصور الغدة الدرقية فليس لديهم معدل استقلاب منخفض فقط، ولكن لديهم كذلك معدل قلب منخفض وبطء في كل الوظائف الفكرية يؤدي إِلى شعور بنوم عميق. ويسبِّب هرمون الغدة الدرقية نقصاً في الوزن ناشئاً عن زيادة معدل الاستقلاب، ولذلك استخدم في الماضي كعلاج لتخفيف الوزن. ولكن هنالك الكثير من الآثار الجانبية غير السارّة. والاختلافات بمقادير هرمون الغدة الدرقية المنطلق هي أيضاً جزء من الأسباب التي من أجلها للحيوانات معدلات استقلاب مختلفة. إننا جميعاً نشكل مقادير مختلفة من هرمون الغدة الدرقية، وهذا يتعلق بمورثاتنا كما أنّه يُنظمُ من قبل المراكز اللاواعية في الدماغ، التي تعاير حاجتنا من الطاقة. ولكن الغدة الدرقية ليست الساعي الوحيد الذي ينظم طاقتنا ومعدل استقلابنا. فهناك الأدرينالين ونورأدرينالين، اللذان ينطلقان خلال الفرح أَو الإثارة أَو الخوف، أيضاً يضبطان معدل الاستقلاب ومستوى الطاقة في كل من الجسم والدماغ. والاختلافات في ميل الناس نحو إطلاق هذين الهرمونين يمكن أن تشكِّل الأساس في الاختلافات بين النشيط والكسول. وهذه الاختلافات كذلك تحدد جزئياً السرعة التي نعيش بها حياتنا والشعور الشخصي حول سرعة

مرور الزمن. وعندما نشعر بالانفعال أَو الخوف، ينطلق الأدرينالين ونورأدرينالين في أجسامنا وأدمغتنا. وهذا يؤدي إلى زيادة سرعة أعمالنا وردود أفعالنا وتفكيرنا، نحن نسرع بينما يتباطأ العالم حولنا.

المعدل الذي يسير به الزمن، كما يظهر للعيان، ليس صفة موضوعية. ليس هنالك صفة كهذه في علم الطبيعة. إن الزمن في الواقع لا يجري أبداً في علم الطبيعة. وكما أشار عدد من الفلاسفة أنه ليس من المنطق أن نقيس المعدل الذي بموجبه يجري الزمن. وعلى كل حال، هنالك صفة ذاتية ـ وهي الشعور بالزمن يمر سريعاً أَو بطيئاً ـ والمخلوق الحي هو الذي يحدِّد ذلك. وهكذا، فمن الممكن، لا ريب، أن جارك أَو قِطَّتكَ تكتشف الوقت أَو الزمن عندما يمر بصورة أسرع منك. ولكن من المستحيل أن تكتشف الشعور الذاتي بالزمن لشخص آخر. وهكذا لا نستطيع أن نقول بصورة واضحة، إن المعدل الذاتي للحياة بالنسبة للناس المختلفين أَو الحيوانات يختلف، ولكنه يبدو أنه أمر محتمل.

الطاقة والزمن مرتبطان مع بعضهما بصورة قوية. فإذا كنا في حالة نشاط أَو حماس أَو خوف أَو انفعال، فإن أجسامنا وعقولنا تمتلئ بالمواد الكيميائية فتجعلهما يعملان بصورة أسرع، وبالتالي، يبدو العالم الخارجي بطيئاً بالنسبة لعقلنا المسرع. والمخدرات مثل LSD والكوكائين التي تحرض جهاز الاستيقاظ الخاص بالدماغ أيضاً تشوه الشعور الذاتي بالزمن. ولذلك فإن ما يسمّى «رحلة» نتيجة لتعاطي المخدرات، تبدو أنّها تدوم للأبد. أما إذا وقع حادث، فإن

العالم يسير بطيئاً كما يبدو لنا، لأن العقل يمضي مسرعاً مضاعفاً سرعته. أما إذا لم يتوفر التحريض أَو الإثارة، فإن العقل يعاني من حرمان مخدرات «سرعته» الطبيعية، ولذلك يبدو العالم الخارجي وساعاته وأيامه وسنواته، أموراً تمر بسرعة. وهذا يفسِّر السبب الذي من أجله يبدو أن الزمن ينقضي بسرعة كلما كبرنا ـ أما بالنسبة للطفل، فكل شيء جديد، ويشكِّل إثارة أَو خوفاً. بينما كلما كبرنا، تصبح خبراتنا الجديدة أقل مرتبة أَو أدنى درجة. ونتعلّم أن نختبئ من الإثارة تحت غطاء من الأمان. ولذلك فإن طفلة صغيرة تندفع هنا وهناك تكون مفعمة بالإثارة أَو الفرح، أَو تبرز عيناها من الخوف والتعب. وهكذا، فإن ساعة من الزمن هي الخلود، ويمتد اليوم إِلى الأبد. وقد يُحَوِّل مُسِنٌ حياته إِلى مجموعة من أعمال روتينية لا تنتهي ويسد طريق كل جديد ولا حاجة له للأدرينالين في حياته. والمقارنة مع السنوات الكثيرة التي عاشها، تبدو كل ساعة تمر أسرع من الساعة التي سبقتها.

قد يتعلّق كذلك الشعور الشخصي بالزمن بمقدار ما نتذكر. فالناس الذين فقدوا القدرة على تخزين ذاكرتهم، كما يمكن أن يحدث لأنواع معينة من التلف الدماغي، يعيشون في حاضر دائم. وإذا كنا نتذكر كل شيء، فإن ستين دقيقة تمتلئ بعدد لا نهائي من الأحداث. ولكن إذا كنا لا نتذكر شيئاً، فالأمر يبدو وكأن شيئاً لم يحدث في تلك الساعة. فإذا كنا في حالة إثارة أَو اهتياج فإننا نتذكر أموراً أكثر لأن هرمون الأدرينالين ونورأدرينالين يُحَرِّضان تشكيل

الذاكرة. ومن أجل ذلك، إلى حد ما، نتذكر الأحداث الهامّة أو المؤذية بالتفصيل، بينما ننسىٰ بسهولة الأيام المضجرة. جيم ماكغوف Jim McGaugh من جامعة كاليفورنيا في أرڤاين، قد بَيَّن أنه إذا أُعْطِيَ الجرذان حَقنَة من الأدرينالين مباشرة بعد تعلمهم شيئاً، فإنّهم يحصلون على قدرة مدعومة ليتذكّروا ذلك الشيء فيما بعد. وعندما أُعطي بَعْضُ الناس عَقاراً يوقف عمل الأدرينالين ثم قرأوا قصة عاطفية فكانوا، نتيجة لذلك، أقل قدرة على تذكّر تفاصيلها. وهكذا تَبَيَّنَ أن تحريضاً معتدلاً لقراءة شيء عاطفي كان كاف لتعزيز أَو دعم تخزين الذاكرة وذلك من خلال مستويات زائدة من الأدرينالين. وهكذا نجد أن الإثارة يمكن أن تزيد في سرعتنا وتُبطىء سرعة العالم الخارجي وذلك بتعزيز ذاكرتنا على نحو ما.

إن سرعة حياتنا تتغيّر من لحظة لأُخرى لأننا نواجه تحريض مواقف جديدة وأناس جدد من جهة، أَو الضجر الناشىء عن الروتين من جهة أُخرى. وإننا نعرف كيف نغير تلك السرعة وذلك بأخذ المنبهات (كافيين ونيكوتين مثلاً) أَو بإدخال المزيد من الإثارة في حياتنا. والناس مختلفون ولهم مستويات مختلفة من التوتر أَو الإثارة العقلية الفعلية (يحملون الأدرينالين دائماً أَو ينطوون على أنفسهم على نحو جبان) وهذا يؤثّر على مقدار التنبيه أَو التحريض الخارجي الذي ينشدونه. إن سرعة الحياة يبدو أنها تتباطأ بصورة عنيدة مع تقدّم العمر ولكننا نستطيع أن نقاوم ذلك لحد ما وذلك بالمحافظة على نشاطنا والبحث عن الإثارة.

الفصل 8

زيادة الوزن والحفاظ على الرشاقة

في هذه الأيام، يُصيبُ القلقُ الجميعَ تقريباً بسبب زيادة أوزانهم، وهم محقون في ذلك، لأنه من الواضح أن الناس يصابون بالبدانة بالتدريج. لقد ذكرت منظمة الصحة العالمية والحملة العالمية ضد البدانة أن البدانة منتشرة في العالم «وهي واحد من أعظم الأخطار التي تهدد صحة الإِنسان وسعادته ونحن على أعتاب القرن الحادي والعشرين» لقد زادت نسبة البدانة بين سكان المملكة المتحدة من 7 بالمئة سنة 1980 إِلى 16 بالمئة سنة 1994، أي أكثر من الضعف خلال خمس عشرة سنة. وفي نفس الفترة، زادت نسبة البدانة من 14 إِلى 22 بالمئة بين سكان الولايات المتحدة. 54 بالمئة من الشعب الأمريكي الآن وزنهم زائد عن الحد المسموح به، (وهذا يعني أن وزنهم يشكِّل تهديداً كبيراً على صحتهم) وإذا استمر هذا الاتجاه، فإن معظم الأمريكيين والبريطانيين سيصبحون بدينين خلال بضعة عقود. ولا ينتفخ محيط الخصر في العالم المتطور فقط، فقد أشارت بعض

الأقطار كالبرازيل وجزيرة موريتوس إلى زيادة البدانة لديهم، كما أن هنالك أماكن في مأزق خطر مثل ساموا الغربية حيث من 1978 ـ 1991 ارتفعت النسبة في المدن من 39 إلى 58 بالمئة بين الرجال ومن 59 إلى 77 بالمئة بين النساء.

ولكن ما هو الخلل الذي أصاب أجسامنا وأدمغتنا لدرجة أننا لم نعد قادرين على ضبط أوزاننا الخاصة بنا. يُنْفقُ الأمريكيون قرابة 40 بليون من الدولارات سنوياً من أجل إيجاد علاج يخفِّف الوزن، وهي غالباً علاجات عديمة الفائدة على المدى الطويل. وعلى كل حال اقتربت الأبحاث الحديثة من لماذا نُصاب بالبدانة ولماذا من الصعب أن نَعود إلى رشاقتنا ثانية؟! لقد أصبح بحث البدانة مثيراً للجنس كذلك. ولكن قبل أن نناقش أسباب البدانة وخفة الوزن، علينا أن نفهم بعض الأمور الأساسية فيما يتعلّق بإمداد الجسم بالوقود، لأن البدانة ناشئة عن تزاوج غير ملائم لإمداد الجسم بالوقود والتخزين والاستخدام.

إمدادات الوقود

السكر والدسم المصدران الاختياريان للوقود اللذان يزودان الجسم بالطاقة المحركة. والانتقال بين هذين المصدرين للوقود عملية أساسية في التغذية والجوع والتمرين والتعب، وكذلك في الأحوال الشديدة للمجاعة وسكر البول والبدانة. والانتقال يُنَظمُ من قبل هرمونين: الإنسولين والأدرينالين. أما ارتفاع وانخفاض السكر

والدسم والإنسولين والأدرينالين داخل الجسم فأمور تشكل أساس خبراتنا اليومية حول التعب والجوع والإثارة وزيادة النشاط والتوتر والتخمة، وهي أمور تمثّل العوامل الرئيسية في طاقة الجسم.

كما تَعَلَّم كل أطفال المدارس في يوم من الأيام، قال يوليوس قيصر كلمته الشهيرة: «تُقسمُ كل بلاد الغال إِلى ثلاثة أقسام». جوستُس ڤون لايبغ Justus von Liebig وكيميائيو وفيزيولوجيو القرن التاسع عشر قسموا كل الجزيئات العضوية المعقدة، أي كل المواد التي في الطعام والجسم، إِلى ثلاثة أقسام فقط: كاربوهايدريت، ودسم، وبروتين. وبالرغم من أن جغرافية فرنسا تغيرت نوعاً ما منذ قيصر، فإننا لا نزال نميز هذا التقسيم الثلاثي في الغذاء. إن الكاربوهايدريت والدسم والبروتين عبارة عن جزيئات معقدة مؤلَّفة من مكونات بسيطة. الكاربوهايدريت مكونة من السكاكر، أما الدسم فمكوّن من أحماض دسمة، والبروتين مكون من أحماض أمينية. وهذا هو الأساس في التمييز بين هذه الأنواع الثلاثة من الجزيئات. وإذا رتبنا المكونات البسيطة بطرائق مختلفة، فإننا نشكِّل أنواعاً مختلفة من الكاربوهايدريت أَو الدسم أَو البروتين. ولكن عندما تُفْصل مكوناتها الأساسية (كما هو الحال في القناة الهضمية)، يصبح لها قيمة غذائية متشابهة بالنسبة للجسم. ومهما يكن من أمر، يقوم البروتين والكاربوهايدريت والدسم، داخل الجسم، بأدوار مختلفة. كما يمكن أن تُحْرق كل مكوناتها من قبل المايتوكندريا لتشكيل الطاقة، ولكن البروتين يُستعمل فقط كملجأ أخير في حالة الجوع.

تزود البروتينات الخلية بالعَزَقَةِ والمزلاج: أي كل الآلية ومعظم البنية. ويعمل الدسم كمخزن للطاقة طويل الأمد في الجسم. كما يشكل الدسم غشاء الخلية. أما الأحماض الدسمة فعبارة عن الوقود الرئيسي للجسم في حالة الراحة. تعمل الكاربوهايدريت بصورة رئيسية كمخزن طاقة قصير الأمد (تُخَزَّنُ على شكل يعرف باسم كلايكوجين) والسكر (غلوكوز) وقود رئيسي للجسم. والسكر الذي نضعه في كأسنا مع الشاي أَو على طعامنا من الحبوب ما هو إِلاَّ نوع من السكر يسمى سكروز، ويستعمل من قبل النباتات لتخزين الطاقة، ولكنه في أجسامنا، يتحوّل ثانية إِلى غلوكوز أَو غلايكوجين.

يَعيشُ الدماغ على مقدار ضئيل من الاستقلاب. ومع أن بقية الجسم يمكن أن يَستخدم الغلوكوز والدسم كوقود للطاقة، فإن الدماغ يستخدم الغلوكوز فقط ـ ولكن الكثير منه. وإن مئة وخمسين غراماً تقريباً من الغلوكوز تُحرق من قِبل الدماغ ليزود حاجته من الطاقة. ولكن لا يوجد مخزون من الغلوكوز في الدماغ، لذلك تعتمد إمدادات الطاقة كلياً على إمداد مستمر من الغلوكوز المستمد من الدم. فإذا انخفض مستوى الغلوكوز في الدم من حدوده العادية (0,8 من الغلوكوز في كل ليتر من الدم) إِلى النصف، فإن الدماغ يعجز عن العمل بالطريقة المألوفة. وعندما ينخفض عن مستواه العادي إِلى الربع (كما يمكن أن يحدث في داء البول السكري) فإن الدماغ يُصاب بالغيبوبة. أما إذا انعدم وجود الغلوكوز فإنه يُصاب بتلف دماغي لا يُلغى، ويترتب على ذلك موت سريع. إن مقدار الغلوكوز الكلي في

الدم يبلغ خمسة غرامات تقريباً، وهو مقدار كاف ليزود الدماغ بالطاقة لمدة أقل من ساعة. أما الكبد فهو العضو الوحيد في الجسم الذي يخزِّن الغلوكوز (على شكل غلايكوجين) ويستطيع أن يسد نقص مستويات الدم من الغلوكوز. ومع أن الغلوكوز يُخزَّن بالعضلات كذلك فإنه يُسْتَخْدم فقط ضمن العضلة ولا يُطْلقُ إِلى الدم. وفي حالة انعدام الغلوكوز المستمد من الطعام المهضوم في المعدة والأنبوب الهضمي، يصبح الكبد المصدر الوحيد لسد نقص غلوكوز الدم، وبالتالي طاقة الدماغ. وعلى كل حال، يُخَزِّنُ الكبدُ فقط خمسة وسبعين غراماً من الغلوكوز ويمكن أن يزود الدماغ قُرابةَ العشرين ساعة فقط في حالة انعدام الطعام. وفي الواقع تفقد أكبادنا الغلوكوز بين عشية وضحاها لأننا لا نقوم بالتغذية، ولكن أدمغتنا تستمر في استهلاك الطاقة أثناء نومنا. وإذاً، ماذا يحدث إذا لم نتناول الإفطار؟ هل تعجز أدمغتنا عن العمل بالطريقة السوية؟ وهل نُصاب بالغيبوبة ونموت؟ لا. ومع أننا نشعر بقليل من الوهن والجوع، يأتي كبدنا للإنقاذ ثانية في الصباح الباكر، ويبدأ بتشكيل الغلوكوز من البروتين، ولكن هذا البروتين لا يأتي من مخزون فائض هين استعماله، ولكن من البروتينات التي تُكَوِّن آلية عضلاتنا. فعندما نصوم لأكثر من اثنتي عشرة ساعة تبدأ عضلاتنا تتحلّل إِلى أحماض أمينية، تسد حاجة الكبد من أجل تشكيل الغلوكوز، الذي بدوره يسد حاجة الدماغ من أجل الاستمرار بالعمل. ولكن هذا ترتيب غريب لأن مخزون الطاقة في الجسم ضخم وكاف ليدوم أكثر من ثلاثة أشهر من الصيام. والمشكلة

هي أن مخزون الطاقة يأخذ شكل الدسم، والذي لا يستطيع الدماغ استخدامه. ولا يمكن للدسم أن يتحوّل إِلى غلوكوز. وهذا أمر غريب حقاً: فالدماغ يحتاج إمدادات مستمرة من الغلوكوز، ولكن الجسم يخزن غلوكوزاً كافياً ليدوم لعشية وضحاها. وعندما ينفد فإنه يشرع بتمزيق العضلات إرباً إرباً.

لماذا لا يَسْتخدمُ الدماغُ الدسمَ كمصدر للطاقة شأنه في ذلك شأن بقية الجسم؟ ليس لدينا جواب لهذا السؤال حتى الآن. وهنالك من قال إن الدسم قد يشوش وظائف الدماغ. ولكن تلك الفكرة غير صحيحة لأن الدماغ يحتوي على الكثير من الدسم الذي يُستخدم لأغراض مختلفة، ولكن ليس كمصدر للطاقة. ولكن ما هو السبب يا ترى الذي من أجله يعتمد الدماغ على الغلوكوز؟ وقد تكون هذه المشكلة للبشر في الواقع، لأن لدينا أدمغة كبيرة الحجم، بينما لمعظم الثدييات أدمغة أصغر نسبة إِلى حجوم أجسامها، وبالتالي تحتاج كمية أقل من الغلوكوز.

ولماذا لا يُخزِّنُ الدماغُ الغلوكوز؟ ولماذا يستخدم الجسمُ الدسمَ كمخزون رئيسي لطاقته أكثر من الغلوكوز؟ لأن الدسم وسيلة لتخزين الطاقة وهو أكثر كثافة من الغلوكوز (أَو البروتين). يشكل الدسم تسع حريرات من الطاقة في الغرام عندما يحترق، بينما يشكل الغلوكوز والبروتين أربع حريرات تقريباً. يحتفظ الغلوكوز والبروتين أيضاً بالكثير من الماء الذي ينبغي أن يُخَزَّن معهما، أما الدسم فلا يحتفظ بالماء، وهكذا، فإن مخزن الدسم يستطيع أن يزود عشرة أضعاف

طاقة مخزون الغلوكوز أَو البروتين. قد يحمل شخص بدين مئة كيلوغرام من الدسم، ولكنه إذا كان عليه أن يحمل الطاقة المعادلة للدسم على شكل غلوكوز، فإنه يحتاج أن يجد متسعاً لألف كيلوغرام. وإذاً، عندما يزيد مقدار الطعام عن حاجات الجسم من الطاقة، فإن الطاقة الزائدة تُخَزَّنُ على شكل دسم. وهنالك خمسون إلى مئة ضعف من الدسم المخزون (من ثمانية إلى عشرين كيلوغراماً في الشخص النحيل) على شكل غلوكوز؛ (خمسة وسبعون غراماً في الكبد ومئة وخمسون في العضلات).

لأن للدماغ البشري شهية شرهة تجاه الغلوكوز، فمن الضروري أن يحافظ على مستوى ثابت للدم مهما كانت كمية السكر الذي يدخل للدم، ومهما كانت الكمية التي تخرج منه. إن استهلاك الغلوكوز في العضلات، خلال التمارين الشديدة، يمكن أن يزداد إلى ألف ضعف. وتحت هذه الظروف الشديدة، من الضروري أن يشكِّل الكبد الغلوكوز مباشرة، وثانياً ينبغي أن يخرج الدسم من مستودعاته على نحو يستطيع فيه أن يقوم بدور وقود الطاقة من أجل العضلات وبقية الجسم. ويتحقّق كل هذا، في الدرجة الأولى، بإطلاق هرمون الأدرينالين. يُطْلَقُ الأدرينالين في الدم خلال التمارين أَو الإثارة أَو في أي وقت ليخفض فيه غلوكوز الدم، كما يعمل على إخراج الدسم من مخازنه وتحريض تشكيل غلوكوز الكبد. فإذا لم يُطْلَق الأدرينالين خلال التمارين سينفذ الغلوكوز من الدم، وسوف ينطفئ الدماغ كما ينطفىء النور، ومن جهة أُخرى، وبعد وجبة جيدة، وعندما تتمدد

على الأريكة فإن الغلوكوز القادم من الأنبوب الهضمي يفيض في الدم، عندئذٍ من الضروري أن تمتلئ مخازن الغلوكوز الموجودة في الكبد والعضلات. أما هرمون الإنسولين فهو الذي يدفع الجسم لتخزين الغلوكوز عندما يكون مستوى سكر الدم عالياً بعد تناول وجبة طعام أَو حلويات، ونستطيع أن نرى نتائج ذلك ليس في الأشخاص المصابين بداء السكري والمعتمدين في علاجهم على الإنسولين.

المصابون بداء السكري والذين يستخدمون الإنسولين في علاجهم، لا تشكل أجسامهم هرمون الإنسولين، وبالتالي، عندما يفيض الغلوكوز في الدم بعد وجبة طعام فإنه لا يُخَزَّن ويرتفع مستوى السكر في الدم. ولكي نمنع الدم من أن يصبح كثيفاً بسبب الغلوكوز، تبدأ الكلية بتفريغ الغلوكوز الزائد في الدم. والبول الحلو واحد من الأعراض الكلاسيكية التي تشير إِلى المصابين بداء السكري. وسابقاً كان الأطباء يذوقون البول قبل أن تتوفر وسائل الاختبار الحديثة. وفي هذه الأيام، يمكن أن تُعْرف بوضوح أنك من المصابين بداء السكري إذا كان سكر دمك يزيد على غرامين في الليتر في أي وقت (المستوى الطبيعي 0,8 من الغرام في الليتر). وعلى كل حال، لأن المصابين بداء السكري لا يخزنون الغلوكوز، ويفرغ الزائد منه في البول، لذلك قد ينخفض مستوى الغلوكوز في الدم بشدة فيما بعد، وتظهر على المصاب كل الأعراض الكلاسيكية المتعلقة بنقص غير طبيعي في السكر، مثل اشتهاء السكر، نشاط عصبي مَرَضي، أفكار مشوشة، عاطفة زائدة وتعرّق بارد. وغالباً ما تنشأ هذه الأعراض عن إثارة

الجهاز العصبي الودي، وإطلاق هرمون الأدرينالين، الذي يحدث عندما ينخفض سكر الدم، والذي يعمل على تحريض تشكيل الغلوكوز وتنشيط مخازن الدسم. وإذا انخفض مستوى الغلوكوز أكثر من ذلك، فقد يؤدي هذا الانخفاض إلى اضطراب عقلي واختلال وظيفي وغيبوبة. واليوم، هنالك مؤونة من الإنسولين لمريض داء السكر يَحْقن بها نفسه، وبذلك يساعد السكر المنطلق في الدم أن يُخَزَّن. ويمنع هذا العلاج الذاتي معظم أعراض مَرْضَى السكر ويمكنهم من العيش حياة طبيعية، وكان ذلك مستحيلاً منذ عشرين سنة فقط. ويعاني كثير من المصابين بداء السكر من تلف يصيب الأوعية الدموية، الأمر الذي يسبِّب مشاكل لجهاز دوران الدم، إضافة إلى الإصابة بالعمى. والسبب الذي يدعو للدهشة هو أن سكر الدم العالي يسبِّب أذى للجسم. والغلوكوز سم خفيف ويمكنه أن يشكِّل الشقوق غير المتحدة كيميائياً والتي تربط نفسها ببروتينات الدم والخلايا مسبّبة قصوراً وظيفياً ومزيداً من تشكيل الشقوق.

داء السكري الذي يُعْتَمدُ في علاجه على الإنسولين داء نادر نسبياً. ولكنه يمثِّل عشرة أضعاف الأشخاص الذين يعانون من السكر ولا يستخدمون الإنسولين في علاجهم. وهنالك ستة ملايين فرد تقريباً، أثبت التشخيص أنّهم مصابون بالداء السكري في الولايات المتحدة، وقرابة أربعة أَو خمسة ملايين يُشتبه أنهم مصابون بهذا الداء أَو قريبون من حدوده. ويختلف المرضى الذين لا يستخدمون الإنسولين عن أولئك الذين يستخدمونه، والاختلاف يتمثَّل في أن

لديهم الكثير من الإنسولين الخاص بهم، ولكن أجسامهم لا تستجيب له لأسباب غير واضحة. وتؤدي موجة الغلوكوز بعد وجبة طعام إلى ارتفاع مستوى الإنسولين، ولكن الجسم لا يستجيب للإنسولين بنزع الغلوكوز من الدم. وهكذا يرتفع غلوكوز الدم وقد يتكثف فيما بعد إذا نَفَدَ مخزون الغلوكوز. ويسد الجسم أذنيه أمام توسلات الإنسولين من أجل تخزين الغلوكوز. ويدعى المريض من هذا النوع «مقاوم الإنسولين». ويسبِّب ارتفاع السكر أذى للقلب والأوعية الدموية والعيون والكلى. وإذاً، داء السكر يضر صحتك: وهو السبب الطبي الثالث للموت، والسبب الثاني للإصابة بالعمى في الولايات المتحدة الأمريكية. أما السبب الأكثر انتشاراً والذي يؤدي للإصابة بالسكري ولا يستخدمون الإنسولين في علاجهم فهو البدانة.

لماذا نصاب بالبدانة؟

لا ريب أننا، في العالم النامي، مصابون بالبدانة بمعدل مخيف. ليس من السهل تعريف البدانة، ولكن في الوقت الحاضر يمكن أن تعرف اسم «دليل كتلة الجسم» (ويحسب بتقسيم الوزن بالكيلوغرام على مربع الطول بالمتر) أكبر من ثلاثين أَو وزن أكثر من عشرين في المئة أكبر من «المثالي». وتزن المرأة المثالية 57 كغ مقابل 163 سم، ويزن الرجل المثالي 70 كغ مقابل 178 سم. وهذا يُعطي دليل كتلة الجسم 21 تقريباً. وبموجب هذه المعايير، هنالك ثمانون في المئة من السكان الأمريكيين أوزانهم أثقل من «المثالي»، وأربع وخمسون

في المئة بدناء سريرياً. وتزداد هذه النسبة باستمرار. وترتبط البدانة ارتباطاً وثيقاً بأخطار داء السكري وأمراض القلب، ولذلك يموت البدناء في سن أصغر من سن غيرهم إضافة إلى المعاناة من عدد من أشكال العجز. وأخيراً، البدانة فكرة غير جيدة.

ولكن لماذا نصاب بالبدانة؟ كانت هنالك نظرية تقول إن للبدناء معدل استقلاب أبطأ من غيرهم: أجسامهم تحرق طعاماً أقل، وهكذا يخزنون من مقدار الطعام نفسه مزيداً من الطعام على شكل دسم. والنتيجة أن للبدناء أجساماً أكثر كفاءة وأقل تبذيراً للطاقة وتخزن أكثر من أجل الطوارئ. نظرية «الاستقلاب ذو القدرة المفرطة» لا نزال نجدها في المجلات وفي رؤوس الأطباء أحياناً، كما أنّها منتشرة بين البدناء أنفسهم. إلاَّ أن البحث الجديد قد بيّن، على كل حال، أن هذه النظرية غير صحيحة ومخيبة للأمل. لقد أشار قياس معدل الاستقلاب، في كل من المخبر وخلال الحياة الطبيعية، أن للبدناء استقلاب أعلى من الأشخاص متوسطي الوزن. وهذا يعني أن البدناء يستخدمون طاقة ويحرقون طعاماً أكثر من النحلاء. وإذاً، إذا تناولوا مقدار الطعام نفسه الذي يتناوله النحلاء، فإنهم يكتسبون وزناً أقل أَو يفقدون وزناً أسرع. أما السبب الذي من أجله للبدناء معدل استقلاب عال فهو أمر لا يدعو للدهشة: البدناء أكبر حجماً ولهم أنسجة دهنية إضافية وأنسجة غير دهنية أكثر (كتلة خالية من الدسم). ولأن لديهم كتلة خالية من الدسم بمقدار أكبر (كالعضلات) فإن أجسامهم تستهلك مقداراً أكبر من الطاقة، ولكن إذا أخذنا كيلوغراماً من كتلة خالية من

الدسم، نجد أن البدناء والنحلاء يستخدمون المقدار نفسه من الطاقة. وتستخدم خلاياهم المقدار نفسه من الطاقة. ويحتاج البدين مقداراً من الطاقة ليسير ويتمرن أكبر من مقدار النحيل لأن عليهم أن يحرِّكوا وزناً أكبر. وقد نشأت نظرية «الاستقلاب ذو القدرة المفرطة» على نحو ما من دراسات عن البدناء الذين يسجلون استهلاك طعامهم خلال فترة من الزمن، وقد أظهرت الدراسات أنّهم كانوا يأكلون مقدار الطعام نفسه أَو أقل من النحلاء. ولكن أبحاثاً حديثة أُخرى أفادت أن البدناء باستمرار يُصَرِّحون عن مقدار طعام أقل من الواقع، إذا قورنوا بالنحلاء. وحسب دراسة نُظِّمتْ على نحو جيد قالت: البدناء يأكلون أكثر من النحلاء لا ريب في ذلك.

إذا كنا لا نصاب بالبدانة إذا استخدمنا مقداراً من الطاقة أقل، إذاً، لماذا نُصبح بدناء؟ مرة ثانية، السبب واضح: معظم البدناء يصبحون هكذا لأنهم يأكلون أكثر مما يأكل النحلاء. ولكن لماذا يأكلون أكثر؟ يبدأ الناس عادة بتناول الطعام عندما يشعرون بالجوع ويتوقفون عندما يشعرون بالامتلاء (يشبعون). والشهية للطعام والشبع يُنَظَّمان من قبل مراكز عصبية في الدماغ وخصوصاً في مركز ما تحت السرير البصري. فإذا أصاب تلف مراكز الشهية لدى البشر والحيوانات أدَّى ذلك للبدانة. وتتلقى مراكز الشهية معلومات عن طريق (بواسطة الأعصاب والهرمونات) مقدار الطعام المستخدم لفترة قصيرة وطويلة. وعندما تتناول وجبة من الطعام، يجعل توسع المعدة الأعصاب الحسية في المعدة تُرسل نبضات عصبية إِلى مراكز الشهية

في الدماغ الذي يوقف الشعور بالجوع ويحث على الشبع. وعلى نحو مشابه، تشكل المعدة الممتلئة الهرمونات التي تُبْلِغُ الدماغ أن يوقف التغذية. السكر والدسم اللذان يدخلان الدم من الأنبوب الهضمي بعد وجبة طعام يعملان بصورة مباشرة أَو غير مباشرة حسب مراكز الشهية للمحافظة على الشبع ومنع الجوع. والجوع نفسه يبدو أنه يُسْتحث من قبل انخفاض ضئيل في مستوى سكر الدم. فإذا اشتهيت قطعة من البسكويت أَو شراباً حلو المذاق في الصباح أَو عند الظهيرة، فأنت ربما تكشف عن انخفاض ضئيل في مستوى سكر دمك. ولكن لا تستجيب الشهية لعوامل قصيرة الأجل فقط كالتغذية مثلاً، ولكن لاتجاهات طويلة الأمد كذلك وخصوصاً مقدار النسيج الدهني في الجسم، فإذا أصبح شخص أكثر بدانة، يرسل الدسم إشارة إِلى مراكز الشهية في الدماغ. وعندئذٍ يستطيع الدماغ أن يخفض من مستويات الدسم بوسيلتين مختلفتين: يمكن أن يُنقص الشهية أَو يزيد استهلاك الطاقة. وعموماً يقوم الدماغ بالطريقتين. أما الشهية فتضبط بعدد كبير من هرمونات الدماغ (تسمى نيوربيبتيد neuropeptides) وذلك من خلال آلية غير مفهومة حتى الآن. ولكن إذا حُقِنَ هرمون في نيوربيبتيد، Y مثلاً، إِلى داخل الدماغ فإنه يسبِّب شهية شرهة. أما مستويات النيوربيبتيد فَتُخْمَدُ من قبل الغلوكوز أَو الإنسولين، مما يؤدي إِلى انخفاض الشهية. ولكن كيف يُزادُ استهلاك الطاقة من قبل مراكز الشهية في الدماغ، فمسألة غير واضحة، ولكن كما يبدو، ينشأ عن تحريضِ الجهاز العصبي الودي الذي يُنَشِّطُ

مخزون السكر والدسم، وتحريضِ استهلاك الطاقة بواسطة العضلات.

وإذاً، تَضْبِطُ مراكز الشهية في الدماغ مستوياتِ الوقود الطويل والقصير الأمد. وإذا ارتفعت مستويات الوقود بصورة مفرطة، تعمل المراكز على تخفيضها وذلك بكبح الشهية أَو تحريض استهلاك الوقود. وتدافع المراكز عن «نقطة محددة» (أَو مستوى معين) لمستويات الوقود في الجسم. فإذا تجاوزت مستويات الوقود هذه النقطة المحددة، تعمل مراكز الشهية على تخفيضها وإعادتها إِلى هذه النقطة. أما إذا كانت مستويات الوقود دون هذه النقطة المحددة، تعمل المراكز على زيادتها. وتقول «نظرية النقطة المحددة» إن للبدناء والنحلاء نقاطاً محددة مختلفة تعمل في مراكز شهيتهم. ويدافع البدناء عن مستوى أعلى درجة لمخزون الوقود في أجسامهم، لأن النقطة المحددة في أدمغتهم مصمّمة على مستوى أعلى. وهذا يُشْبهُ الصمام الحراري في جهاز تكييف الهواء أَو نظام التكييف المركزي: فإذا اكتشف الصمام الحراري أن درجة الحرارة دون النقطة المحددة فإنه يرفعها، وإذا كانت درجة الحرارة فوق النقطة المحددة فإنه يخفضها، وقد يزيد مقدار التبريد.

للنقطة المحددة دليل مقنع. خزائن وقود الجسم منظمة على نحو محكم للغاية في معظم الناس، البدناء والنحلاء على حد سواء. إذا كان عليك أن تغير مقدار طعامك اليومي بصورة ضئيلة، ولكن مستمرة، فإن تغيراً ملحوظاً في وزن جسمك سيتراكم خلال فترة من

الزمن. وعلى سبيل المثال، إن زيادة مقدار الطعام إلى ما فوق العادي بمئة حريرة في اليوم (قطعة من الخبز، تعادل خمسة في المئة من مقدار الطعام العادي) يمكن نظرياً أن يزيد وزنك بخمسة كيلوغرامات خلال سنة. وزيادة الوزن بهذا المعدل أمر غير عادي، لذلك ينبغي على الجسم والدماغ أن ينظما مقدار الطعام بإحكام، ويعايرا الكمية المستهلكة على نحو يكافئ قطعة الخبز اليومية. ويدافع البدناء، كما يبدو، عن نقطة محددة أعلى درجة من النقطة المحدد التي يدافع عنها النحلاء. وحالما يتخلّى البدناء عن نظام الحمية يعودون بسرعة إلى الوزن نفسه تقريباً. وإذا خَفَّ وزن الناس بسبب الحمية، يصبح لهم معدل استقلاب منخفض ويشعرون بالجوع باستمرار لا يتحمّلون البرد. ومن جهة أُخرى، أدّت التغذية المفرطة التي أُجريت للبدينين والنحيلين إلى معدل استقلاب أعلى درجة وانخفاض في الشهية. وهكذا نجد أن نظرية النقطة المحددة نظرية جذّابة.

وإذا كانت النقطة المحددة لشخص ما نقطة بدينة أَو نحيلة، فإن ذلك يُحَدَّدُ من قبل المورثات الخاصة بذلك الفرد. وفي الواقع، البدانة، على نحو ما، مرض وراثي. فانتشار البدانة بين أطفال لأهل نحيلين أقل من عشرة في المئة، أما إذا كان الوالدان من البدينين فالنسبة أعلى من ستين في المئة. وقد يعكس هذا الأمر كلاً من التنشئة والمورثات. وأثبتت دراسة جرت لنخبة من الأطفال أن هنالك عنصراً أساسياً وراثياً. ولا يمكن إنكار أهمية الأثر البيئي على البدانة، وهو أثر هام بصورة واضحة كذلك. وإن الزيادة الملحوظة

في البدانة خلال الثلاثين سنة الماضية، بدون تغير ملحوظ في المورثات، يُظْهرُ أهمية البيئة. والكثير من الناس الذين ينتقلون من العالم النامي إلى العالم المتطور يُظْهِرُون زيادة في البدانة. ويُعتقد أن الحمية والتمرين هما العنصران البيئيان المسؤولان عن ذلك. أما المجرمون المحتملون فهم الحريرات العالية وراتب غذائي غني بالدسم ونمط حياة يقوم على التمارين القليلة في العالم المتطور. ولكن البيئة والمورثات يتفاعلان بطرائق معقدة كثيرة. فإذا سمعنا أن النمو البشري ثمانون في المئة سببه وراثي (كما قيل عن البدانة)، فلا يعني هذا أن الأثر البيئي ضئيل. يمكن لمجموعة مختلفة من المورثات أن تجعلك أكثر (وليس أقل) استجابة للبيئة. وعلى سبيل المثال، هنود البيما في المكسيك وفي نيو مكسيكو (في الولايات المتحدة الأمريكية) متشابهون في مورثاتهم. لهنود البيما في نيومكسيكو نسبة بدانة مفرطة للغاية، بينما لأقربائهم في المكسيك نسبة منخفضة. والعوامل التي تسبِّب البدانة لهنود البيما في نيومكسيكو هي الراتب الغذائي ونمط الحياة، ولكن مورثاتهم هي التي جعلتهم عرضة لهذه العوامل البيئية.

يقال إن لهنود البيما مورثات مزدهرة: مورثات مفيدة في بيئتهم المكسيكية حيث الحريرات ومقدار الطعام منخفضان، وعمل بدني شاق وطويل وصوم بين الحين والآخر بل إن مجاعة قد حدثت. في هذه الظروف، المورثات التي ساعدت الدسم أن يحفظ بسرعة في أوقات الوفرة، ستكون مفيدة إذا كانت أوقات الوفرة متبوعة بأوقات

المجاعة، حيث يمكن للدسم المخزّن أن يُنَشَّط لكي يبقى بالرغم من المجاعة. ولكن في الظروف المتغيرة في نيو مكسيكو، تُسَبِّبُ هذه المورثات أمراضاً شديدة، منها أخطار أمراض القلب المتزايدة على نحو بالغ إضافةً إِلى داء السكري. وهكذا نجد أن المورثات المفيدة في مجموعة واحدة من الظروف البيئية، قد تصبح مؤذية في ظروف أُخرى. إن هنود البيما يمكن أن يكونوا حالة متطرفة أُخرى للتناقض التطوري الذي يعاني منه الجميع في العالم المتطور. لقد قيل بشكل مقنع إن البشر تطوروا في تلك الظروف التي تفضل المورثات المزدهرة. قبل ظهور الزراعة، عاش الإنسان على الصيد والجمع، ومخزون ضئيل من الطعام أحياناً، أَو بدون مخزون على الإطلاق أحياناً أُخرى، الأمر الذي أدَّى إِلى أوقات مجاعة وأوقات وفرة. أما الرجال والنساء الذين استطاعوا أن يتحمّلوا فترات طويلة من المجاعة فقد بقوا على قيد الحياة ونقلوا مورثاتهم لأبنائهم، بينما مات أولئك الذين لم تمكنهم مورثاتهم أن يبقوا على قيد الحياة وماتت مورثاتهم معهم. إن شخصاً متوسط الوزن لديه من ثمانية إِلى عشرين كيلوغراماً من مخزون الدسم يستطيع أن يبقى على قيد الحياة قرابة شهر بلا طعام. بينما قد يحمل فرد بدين أكثر من مئة كيلو من الدسم، وهذا المقدار يمكنه من البقاء لأكثر من أربعة أشهر. في ظروف التطور البشري، كانت هذه القدرة حيوية وربما قادت إِلى اصطفاء المورثات التي كانت تفضل المخزون الدسم. ولكن، ومنذ وقت ليس ببعيد، حيث الطعام وفير ومتوفر باستمرار، أصبح الدسم لعنة وليس نعمة.

إن نوع الغذاء ومستوى التمارين للإنسان الأول ربما منع حدوث البدانة، مع أن ذلك يصعب أن نقيمه.

اُكتُشِف مؤخراً العنصر الأساسي لآلية النقطة المحدَّدة وهو ـ الهورمون المسمى ليبتين ـ واكتشف معه وجهة نظر جديدة كلياً عن البدانة. لقد انتعشت دراسة البدانة ثانية وهنالك تفاؤل جديد أن علاجاً فعَّالاً أصبح وشيكاً. لقد جاء هذا التقدم المفاجئ عندما وجد جيفري فريدمان Jeffrey Friedman وزملاؤه من جامعة روكفيلر في نيويورك أن سلالة من الفئران البدينة على نحو مفرط للغاية، أخفقت في تكوين بروتين غير معروف لأنّها كانت مصابة بتحول في نظام مورثاتها. وعند دراسة الأنسجة التي ظهرت بها تلك المورثات، وجد الباحثون أن نتاج المورثات كان يتشكّل في الأنسجة الدهنية فقط، ولكنه كان يُطْلَقُ إلى الدم. ولكن هل يمكن أن يكون البروتين الجديد هورموناً تَشَكَّل من قِبل الأنسجة الدهنية؟ لقد شكَّل الباحثون البروتين بقدر ما استطاعوا وعزلوه ثم حقنوه في الفئران البدينة. وعندما عُولجت بالبروتين بدأت الفئران تفقد وزنها، وخلال بضعة أسابيع عادت إلى حجمها الطبيعي. لقد وجد العلماء الكأس المنشودة فيما يتعلّق بدراسة البدانة، أي الهرمون الطبيعي، الذي ينظم النقطة المحددة لوزن الجسم. وأُطْلِقَ على الهرمون الجديد اسم «ليبتين» leptin (أي النحيل باللغة الإغريقية) لأنه جعل الفئران البدينة نحيلة. لقد كان الليبتين الحلقة المفقودة في نظرية النقطة المحددة المتعلقة بضبط وزن الجسم. لقد عمل الليبتين كإشارة صدرت من خزائن الدسم إلى

الدماغ. فإذا كان المخزون من الدسم عالياً، تشكل المزيد من الليبتين من قبل الدسم وأُطلِقَ إِلى الدم. ومن الدم ذهب إِلى مراكز الشهية في الدماغ. وهناك كَبَحَ الشهية وحرَّض على استخدام الطاقة. لقد نشأ كبح الشهية من الليبتين الذي أنقص مستويات النيوربيبتيد Y الذي يعمل كمحرِّض للشهية. ولقد نشأ التحريض على استخدام الطاقة عن تحريض الليبتين للجهاز العصبي الودي (الاستجابة للهروب أَو المواجهة) وهكذا عمل هرمون ليبتين كإشارة تغذية استرجاعية بين مخزون الجسم من الدسم والنقطة المحددة الموجودة في الدماغ. وعندما امتلأت خزائن الدسم بأكثر مما ينبغي، ازداد الليبتين وأعاد ضبط النقطة المحددة في الدماغ. وهذا يجعلنا نأكل بدرجة أقل ونحرق المزيد من الوقود.

ولكن هل كان الليبتين Leptin موجوداً في البشر، وهل قام بالدور نفسه في تنظيم وزن الجسم؟ لقد أثبتت الاختبارات التي أجريت على المورث وعلى البروتين أن البروتين نفسه كان فعلاً موجوداً في البشر والثدييات الأُخرى. وقد حُقنَ الليبتين في جسم الجرذان التي زاد وزنها بسبب التغذية الزائدة، وقد أدَّى هذا الحقن إِلى فقدان أوزانها الزائدة، ولكن كان أثر الليبتين ضئيلاً عندما حقن في جسم الجرذان التي كان وزنها عادياً. لقد بلغت تلك الميزة درجات الكمال فيما يتعلّق بعقّار البدانة لأنه يخفِّف وزن الجسم إِلى الحدود العادية ولكن ليس أكثر من ذلك. ولكن قبل أن يهيئ الباحثون الشراب للاحتفال، كان عليهم أن يدرسوا مستويات الليبتين في البشر البدينين. إذا كان

سبب البدانة التي تصيب البشر يعود لنقص الليبتين، فينبغي أن يكون هنالك مستويات من الليبتين منخفضة بصورة غير طبيعية في دم الناس البدينين. ولسوء الحظ تبين أن مستويات ليبتين الدم في الناس البدينين أعلى (بأربعة أضعاف تقريباً) من أناس أوزانهم عادية. وكان هذا الليبتين من النوع الطبيعي: أي لم تكن البدانة ناشئة عن تحول في المورث أَو العجز في تشكيل الليبتين. كان دسم جسمهم يشكل المزيد من الليبتين الذي يرسل إشارة أن هنالك الكثير من الدسم ولكن الإشارة لم تُسْتَلمْ بالدماغ أَو أنّها أهملت. لقد اكتُشِف أناس لهم موروث ليبتين متحول، أحياناً، وهم بدينون، كما يُتَوَقع، بصورة ملفتة للنظر. ولكن الأكثرية العريضة من البدينين ليس لديهم مشكلة متعلقة بتشكيل الليبتين، ولكن أدمغتهم تتجاهل إشارته، كما يبدو.

يرسل الليبتين إشارة عن حجم خزائن طاقة الجسم، ويستجيب الجسم بصورة طبيعية وذلك بتعديل استهلاكه المتعلق بعمليات للطاقة مختلفة وباهظة الثمن. فمثلاً، خلال فترة المجاعة، ينخفض مستوى الليبتين، وهذا يكبح نشاط جهاز المناعة، ويوفر طاقة حيوية، ولكن يجعل الجسم عرضة للأمراض. وقد يُفَسِّرُ هذا لماذا غالباً ما يموت الناس الذين يجوعون جوعاً شديداً من الأمراض أكثر من الجوع نفسه. وخلال الجوع الشديد أَو التمرين الشديد، يَكْبَحُ انخفاضُ الليبتين كذلك خصوبةَ المرأة، ويقلِّل فرص حمل طاقته باهظة الثمن.

ولكن أين وصلنا الآن؟ يصاب الناس بالبدانة لأنهم، كما يبدو،

يأكلون كثيراً. ويأكلون كثيراً لأن الدسم في أجسامهم يفشل في كبح شهيتهم كما يكبحها في النحلاء. وَتَكْبَحُ الشهيةَ عناصرُ أساسية طويلة الأمد وعناصر قصيرة الأمد. وتعمل العناصر طويلة الأمد من خلال النسيج الدهني والليبتين. وتعمل العناصر قصيرة الأمد من خلال مستويات الوقود (والهرمونات) في الدم بعد وجبة الطعام. ويستطيع السكر والدسم في الدم أن يكبحا الشهية التي تجعلنا نتوقف عن تناول الطعام. وإذا انخفض الوزن، يصبح الدسم أقل قدرة من الكاربوهايدريت على كبح الشهية. وعندما قُدِّمَ الطعام بدسم مرتفع أَو كاربوهايدريت مرتفع، استهلك الناس الذين قُدِّمَ لهم الطعام بدسم مرتفع حريرات إضافية تُقَدر بنسبة ثلاثين بالمئة في اليوم، لأنه، كما يظن، لذيذ المذاق وكبح الشهية بدرجة أقل. إضافة لذلك، يَشْبَعُ البدينون إذا تناولوا الطعام الدسم بصورة أبطأ من النحلاء، ويستمرون في تناوله مدة أطول لأن الدسم يفشل في إيقاف شهيتهم. ويبدو أن الجسم يستخدم الكاربوهايدريت (أكثر من الدسم) الموجودة في وجبة طعام ليعاير متى يتوقف عن الطعام. ومرة أُخرى، ربما ينشأ هذا عن حاجة الدماغ الشديدة للغلوكوز ولأن خزائن الكاربوهايدريت في الجسم صغيرة وتمتلئ ثانية بسرعة.

وكيف لهذه المعرفة الجديدة أن تساعدنا أن نصبح أَو أن نبقى نحيلين؟ إذا كانت البدانة تنشأ عن كثرة تناول الطعام، فالطريقة الأكيدة لكي نصبح نحيلين أن نتناول مقداراً أقل من الطعام. لا شك أن الحمية تجعل البدينين نحيلين. ولكن البدينين الذين يتبعون نظام

الحمية يشعرون بالجوع دائماً ويعودون ثانية لبدانتهم حالما يتخلّون عن حميتهم. وعلينا إما أن نقبل الوزن حسب النقطة المحددة أَو نقبل الشعور بالجوع بصورة دائمة. ويمكن للتمارين أن تكون مفيدة، ولكننا نحتاج الكثير من التمارين لنحرق قليلاً من الدسم. لكي تفقد كيلو من الدسم تقريباً، أنت تحتاج ثلاث ساعات من التمارين في اليوم لمدة خمس وعشرين يوماً. كما أن البدينين أقل تحمّلاً للتمارين من النحيلين. ومع ذلك، إذا أضيفت الحمية إِلى التمارين، عندئذٍ تساعد التمارين فعلاً على تخفيف الوزن.

عندما نبالغ في تناول الطعام في أعياد الميلاد، تزيد أوزان بعضنا ولا تزيد أوزان الآخرين. لماذا؟ لأن الفريق الثاني حرق الحريرات الزائدة وذلك بسبب شيء يسمى القلق بحركات عصبية. كانت تلك نتيجة مفاجئة لدراسة قام بها مايكل جينسن Michael Jensen وزملاؤه من مستشفى مايو كلينك الأمريكي. لقد أَطْعَموا حتى التخمة ستة عشر متطوعاً بمقدار ثابت (ألف حريرة يومياً لمدة ثمانية أسابيع) وحاولوا أن يدرسوا السبب وراء التنوع في زيادة الوزن الزائد الذي تراوح من 1,4 إِلى 7,2 كغ. كان هنالك اختلاف ضئيل في معدل استقلاب المتطوعين أثناء الراحة أَو أثناء التمارين الذي بقي ثابتاً، ولكنهم وجدوا زيادة كبيرة في معدل الاستقلاب أثناء النشاط في أولئك المتطوعين الذين قاوموا زيادة الوزن. وقالوا إن ذلك ناشئ عن زيادة في شيء يسمى القلق بحركات عصبية (أي كل الحركات غير حركات السير والتمارين والعمل) وهؤلاء المتطوعون الذين فشلوا في

زيادة «الأنشطة عديمة الجدوى» (ومن المتطوعين أربع نساء شملتهم الدراسة) زاد وزنهم أكثر بكثير من غيرهم. وقد يَظُنُّ امرؤ أن القلق بحركات عصبية لا يستهلك الكثير من الطاقة. ولكن القياسات أظهرت في الواقع أنه المسؤول عن ثُمْنِ 1/8 استهلاك طاقتنا الإجمالية. وأناس مختلفون يقلقون بحركات عصبية بدرجات متنوعة متعلقة بنشاط نظامهم العصبي الودي الذي يسبِّب إطلاق نورأدرينالين والأدرينالين. وهذا التنوّع يمكن أن يُحدَّدَ بصورة رئيسية من قبل المورثات. ولكن إذا تعمدنا زيادة القلق بحركات عصبية، هل ينقص ذلك من زيادة وزننا؟ الأمر غير واضح بعد. ولكن عندما أخبرتك والدتك أن توقف تلك الحركات العصبية وأنت تجلس إلى مائدة العشاء، ربما كانت تعطيك الإشارة المنطوية على خطأ.

بحثت صناعة الصيدلة طويلاً عن عقار يخفِّف الوزن. لقد استعمل عقار يسمى أمفيتامين (سرعة) لتحريض الجهاز العصبي وإطلاق هرمون الأدرينالين وتسريع معدل الاستقلاب الأساسي وبالتالي لتخفيف الوزن. وتشبه هذه الخطوات تعذيب نفسك حتى تصبح نحيلاً، وهو أسلوب يؤدي إلى إرهاق عصبي شديد واضطراب عقلي. وتعمل هرمونات الغدة الدرقية بصورة طبيعية وتنظم عادة معدل الاستقلاب الأساسي. فإذا كانت غدتك الدرقية تعمل بنشاط زائد لتشكيل الهرمون فإنك تصبح نحيلاً ونشيطاً بصورة مفرطة، بينما يصاب الأشخاص الذين لا يشكِّلون ما يكفي من هذه الهرمونات بالبدانة والحركة البطيئة. وقد استعمل بنجاح هرمون الثايروكسين

(هرمون الغدة الدرقية الرئيسي) لعلاج السمنة. ولكن كان له، لسوء الحظ، آثار جانبية معقّدة. وهنالك من طَوَّرَ بعضَ العقاقير لتؤثِّر على مراكز الشهية في الدماغ وتحث على الشبع وبالتالي تكبح الشهية. ولكن كان لأكثر هذه العقاقير آثار جانبية نفسية كالأحلام الزائدة عن الطبيعي.

اكتشِف عقار لتخفيف الوزن خلال الحرب العالمية الثانية. وقد تبين أنه سام عموماً. إلاَّ أنه ساهم في الواقع في اكتشافٍ يقول إن خلايانا تُشحن بكهرباء البروتون. لقد لاحظ عمال مصانع الذخيرة الحربية أنّهم يفقدون أوزانهم بصورة متزايدة وأن معدل استقلابهم مرتفع للغاية. وأظهرت الدراسة الرسمية أن ارتفاع الاستقلاب ينشأ عن الدينيتروفينول Dinitrophenol، مادة كيميائية تستخدم في المتفجرات الشديدة. كما وُجِدَ أنه يفك الارتباط مع المايتوكندريا، ويحمل البروتونات عبر غشاء المايتوكندريا ويعيق توليد كهرباء البروتون. وقد ازداد بصورة كبيرة مقدار الطعام الذي احترق من قبل المايتوكندريا ولكن الطاقة تَبدَّدت كحرارة. وكان عمال الذخيرة الحربية التعساء يحترقون، في الواقع، من الداخل. وشَقَّ الدينيتروفينول طريقه إلى عدد من علاجات تخفيف الوزن، ولكن آثاره الجانبية بغيضة، والتي منها وليس أقلَّها، ولأن الدينيتروفينول نفسه ملون، اصفرار قليل يصيب الذين خَفَّت أوزانهم.

إن الطعام المكون من دسم منخفض وكاربوهايدريت عالية يكبح الشهية بصورة أسرع، وينتج عنه مقدار من الحريرات أقل من الطعام

المكون من دسم مرتفع. وفي مجتمع ينتشر فيه هذا النوع من الطعام نجد نسبة البدانة منخفضة. بينما انتشرت البدانة في الغرب حيث زادت محتويات الطعام من الدسم إِلى أكثر من أربعين في المئة القرن الماضي. وقد وجد البريطانيون، بعد دراسة حديثة عن البالغين، أن البدانة نادرة بين الناس الذين يأكلون عادة طعاماً غنياً بالكاربوهايدريت، وهذا يوحي أنه إذا أردت أن تصبح نحيلاً أَو تتجنّب البدانة، ينبغي عليك أن تتجه إِلى الطعام منخفض الدسم ومرتفع الكاربوهايدريت. والأطعمة مرتفعة الكاربوهايدريت، كالمعكرونة والخبز والبطاطا، تشعرك بسرعة بالامتلاء. وهذا يعني أنك لا تأكل حريرات زائدة. ويكبح السكر الشهية بسرعة أكبر من سرعة الكاربوهايدريت. وهذا يفسِّر لماذا نتناول طعاماً حلواً أَو شراباً حلواً عندما نشعر بالجوع. ولكن لماذا لا نأكل طعاماً حلواً قبل الطعام الرئيسي، ولماذا ننهي وجبتنا بالنوع الحلو من الطعام. إن السكر يُسْتَقْلَبُ بسرعة ولذلك لا يكبحُ الشهيةَ لمدة طويلة. بينما الكاربوهايدريت (وخاصة المعقدة منها كالألياف) تتحلّل ببطء في القناة الهضمية، مطلقة السكر، وتكبح الشهية بصورة أبطأ ولكن لمدة أطول.

ولكن لا يستطيع الإِنسان أن يعيش بالخبز وحده. وفي غمرة حماستنا لدراسة مجالات جوانب البدانة الميكانيكية والوراثية، من السهل أن ننسى وجهة النظر النفسية والاجتماعية الهامة، لا ريب. تنتشر البدانة أكثر ما تنتشر بين النساء وكبار السن وطبقات العامة.

وترتبط خفة الوزن بالقلق والتدخين. وتؤدي السمنة إِلى حياة تتميز بالكسل وخمود النشاط الجنسي ولكنها ترتبط كذلك بمستويات منخفضة من القلق وغياب نسبي للكآبة (في الرجال على الأقل). وتُحددُ ثقافتُنا على نحو ما وزنَ الجسم المقبول أَو غير المقبول. ويختلف هذا الأمر باختلاف الجنس والطبقة الاجتماعية والفترة التاريخية. وفي النهاية، تعتمد هذه المسألة على الطريقة التي يوازن فيها الأفراد حاجاتهم المختلفة فيما يتعلق بالطعام ووزن الجسم ونمط الحياة ـ وإذا كان هنالك تغيير مطلوب ـ ومقدار الدافع المتوفر.

قلَّلَ خبراءُ الصحة من أهمية أخطاء الوزن معتدل الزيادة وفوائد الحمية. وأشارت الأبحاث الأولى إِلى أن الوزن فوق الوزن المثالي (وهذا يشتمل على معظم الناس في العالم المتطور) أدَّى إِلى زيادة خطر الموت المبكر بصورة ملحوظة. بينما تقول أحدث الدراسات أن الوزن معتدل الزيادة لا يشكِّل خطراً بارزاً للموت. والمسألة تعتمد على نحو ما على مكان الدسم: فالناس البدينون الذين شكلهم شكل الإجاص (الذين ينتشر الدسم لديهم في الأقسام الدنيا من الجسم) أقل عرضة للخطر الصحي من أولئك الذين ينتشر الدسم لديهم في القسم الأعلى من الجسم. ويعتمد الخطر الصحي كثيراً على مستوى لياقة الفرد. فقد أظهرت دراسة حديثة شملت 21856 رجلاً أمريكياً أن الرجال النحيلين غير اللائقين صحياً معرّضون لخطر الموت ضعف أولئك الرجال اللائقين صحياً والبدينون. وبما أن البدينين أقرب إِلى عدم اللياقة من النحيلين إِلاَّ أن الخطر الصحي المنظور للبدانة نفسها

ربما يكون تقديراً مبالغاً فيه. وعلى كل حال لا تزال هذه النتائج موضع نقاش وجدل، ولكنها لا تعني أن البدانة لا تشكِّل خطراً يهدّد الصحة، بل تعني أن الفوائد القوية للياقة تطغى على أخطار البدانة. إن اللياقة كما سنرى في الفصل التالي، من أهم أسباب الصحة.

الفصل 9

التمرين والتعب والتوتر

ما هي حدود طاقة الجسم، وماذا يحدث إذا تجاوزناها؟ سنبحث في هذا الفصل حدود التمرين البدني والأداء الرياضي، وكيف دُفِعت هذه الحدود إِلى الوراء. سوف نكتشف طبيعة الحركة والحدود ونكتشف ماذا يحدث عندما نتجاوز هذه الحدود؟ وأخيراً سوف ننظر إِلى المنظِّمات الرئيسية لطاقة الجسم، وكيف توسع الفجوة بين العقل والجسم لتنظم الشعور اليومي بالطاقة والتوتر والتعب.

حدود السرعة

بالخطأ، أدخلوك في السباق النهائي الأولمبي لمسافة ألف متر. استعد! الآن أنت تدخل الملعب الكبير ويصيح الجمهور بأعلى صوت. وبينما تقترب من خط الانطلاق يتدفق هرمون الأدرينالين خلال أوردتك، ويتسارع عقلك، وينقبض أنبوبك الهضمي ومعدتك، ويختفي الدم من وجهك وجلدك، وترتعش عضلاتك وتتصلب. إنك

تلهث وعلى وشك أن يُبلِّل العرق جسدك. هذا ما يجري تحضيراً للسباق الوشيك وينطلق مسدس الانطلاق، وينطلق اهتياج في جهازك العصبي. ويصيب عضلاتك موجات عصبية، وتُفْتحُ أقنية في كل الجدار العضلي ويتدفق الكالسيوم. الآن أنت تنطلق. ويسبب تقلّص الألياف العضلية استهلاكاً كبيراً لجزيئات ATP يؤدي إلى استنفاد المخزون الكامل في بضع ثوان. ولكن لحسن الحظ تُعَوَّضُ جزيئات ATP من شكل من أشكال المخزون ـ الكرياتين الفوسفوري ـ ولكن لسوء الحظ، لا يدوم هذا إلاَّ لعشر دقائق أُخرى أَو نحو ذلك. ومن الأفضل أن تبدأ بتحليل غلوكوجين عضلاتك إِلى غلوكوز واستخدام ذلك لتشكيل المزيد من جزيئات ATP. والآن إن إفطارك مُرتَفِعَ الكاربوهايدريت الذي تناولته قد ملأ عضلاتك بالغلايكوجين، الذي يفيدك عند الحاجة. وعلى كل حال، تحليل الغلايكوجين والغلوكوز إِلى لاكتات لتشكيل جزيئات ATP بدون إمدادات للمايتوكندريا، فقد يمدنا بجزيئات ATP تكفي لدقيقة أَو دقيقتين. ولحسن الحظ إن زيادة عشرين ضعفاً من إمدادات الدم للعضلات تزودنا بأوكسجين كافٍ ووقود يدفع المايتوكندريا إِلى الحياة. ويتضاعف عشر مرات استهلاك الأوكسجين الكلي للجسم وكذلك تحول الطاقة وتشكل الحرارة. الآن، إنك تنطلق بسرعة أمام الآخرين. إنك في الذروة وأوردتك مليئة بالأدرينالين والعقاقير المهدئة تتدفق في دماغك. وينقلب استقلابك رأساً على عقب: يرتفع الأدرينالين وينخفض الإنسولين ويجعلان الدسم يتدفق خارج خزائن الدسم ويُحرَقُ قبل الغلوكوز في

أنحاء الجسم، بينما يشكل الغلوكوز من أجل الدماغ من قبل الكبد الذي يستخدم اللاكتات والأحماض الآمنية التي تقدمها العضلات. ولكن انتظر، أنت بدأت تشعر بالتعب وعضلاتك لا تعمل بالمعدل نفسه وتسبِّب لك ألماً. أما اللاكتات التي تتجمع في أنحاء جسمك فتسبِّب لك وجعاً يشبه «الاحتراق». والآن يتجاوزك المتبارون الآخرون، ويتحول خط النهاية أمامك إِلى حلم مستحيل، حيث يمكن أن يتوقف الألم والتعب في النهاية. وتَصِلُ أخيراً ـ وتنهار. وتترك الأمر لجسمك الذي يبدأ فوراً عملاً طويلاً لتسديد دين الاستقلاب الذي زاد خلال السباق ولترميم أي أذى حصل.

ولكن ما الذي يمنعنا من الانطلاق على نحو أسرع؟ لماذا نتعب؟ وكيف لنا أن نوقف هذه العقبات؟ هيمنت هذه الأسئلة على الرياضيين لآلاف السنوات وحيّرت العلماء لمئات السنين. وكما اكتشف لافوازييه وسيفوين في القرن الثاني عشر: يزداد استهلاك الجسم للأوكسجين بازدياد شدة التمرين. ولكننا إذا تابعنا زيادة الشدة أَو العمل المطلوب، نصل في النهاية إِلى حد: استهلاك الأوكسجين الأعظمي في الجسم الذي يوازي التشكيل الأعظمي للطاقة أَو معدل استقلاب الجسم. وهذا المعدل يعادل عشرة أضعاف المعدل أثناء الراحة لدى غير المتمرنين. ولكن ما هي حدود هذا المعدل؟ ما هي العملية الجسدية التي تمنعه أن يرتفع؟ إن معدل الاستقلاب الأعظمي يمكن أن يُحَدَّدَ إما من قبل العضلات والمعدل الذي تشكله واستخدام الطاقة من أجل التقلص والارتخاء، أَو من

قبل القلب والمعدل الذي يضخ به الدم إِلى أنحاء الجسم أَو من قبل الرئتين والمعدل الذي تستخدمه الرئتان لإدخال الأوكسجين إِلى الدم وطرد ثاني أوكسيد الكربون.

ليست المشكلة في الرئتين، لأنه حتى خلال التمرين الأعظمي، عندما يزداد مقدار الهواء الذي نستنشقه خمسة وعشرين ضعفاً فوق مستوى الراحة، فإنهما يعملان على نحو أسرع بنسبة خمسين في المئة. وهكذا يبدو أن للرئتين سعة زائدة وربما لا تحددان المعدل الأعظمي للاستقلاب. ولقد افتُرِضَ ذلك بعد اكتشاف أن مستويات الدم من الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون مستويات ثابتة بصورة ملحوظة. فإذا حَدَّدَ مقدارُ أوكسجين الرئتين تشكيلَ الطاقة، عندئذ يهبط مستوى الأوكسجين في الدم عندما نبدأ تمريناً شاقاً أَو عنيفاً، ولكنه يتغير في الواقع بمقدار ضئيل. للتدرب على التمارين أثر ضئيل على الرئتين، ومن جهة أُخرى، التدرب من أجل التمارين الشاقة (كالعدو لمسافات طويلة) يزيد المعدل الذي يستطيع القلب أن يضخ به الدم بنسبة أربعين في المئة. ويزداد حجم القلب وتتوسع كذلك الحجيرات داخله، ومقابل كل خفقة يستطيع القلب أن يضخ المزيد من الدم. ومن أجل ذلك، تستطيع أن تعرف لياقة شخص ما من معدل أَو نبضات قلبه. ولكن قلب الشخص اللائق صحياً أكبر حجماً ويضخ دماً أكثر في كل نبضة. ومن أجل أن يحافظ هذا الشخص على الدورة الدموية نفسها، فإنه يحتاج عدداً أقل من النبضات في الدقيقة الواحدة. ولذلك يبلغ معدل نبضات قلب الشخص غير الممارس

للتمارين خمساً وسبعين نبضة وسطياً في الدقيقة أثناء الراحة. بينما تبلغ نبضات الشخص الرياضي الخمسين نبضة أَو نحو ذلك.

ولكن هل يحدد القلب التمرين الأعظمي؟ هل يحدد القلب البشري الرقم الأولمبي للعشرة آلاف متر ويحدد قدرتك لكي تعدو بسرعة مئة متر لتلحق بالباص؟ في الواقع هذان أسلوبان من التمارين مختلفان كلياً (تمارين تحمّل وقدرة) ويستخدمان وقوداً مختلفاً للجسم، كما أنهما يُحدَّدان بعوامل واضحة. خلال التمرين الأعظمي في رياضة التحمّل، يعمل القلب بنسبة تسعين في المئة من قدرته الأعظمية. وحدود الأداء البشري في رياضة التحمّل قريبة من حدود القلب بل يبدو أن القلب هو الذي يقيد الأداء. دعنا ننظر إِلى هذه المسألة بطريقة مختلفة. نستطيع أن ندرس أثر تمرين الأطراف المختلفة على استهلاك أوكسجين الجسم. إذا قمت بتمرين أعظمي لطرف واحد، ولنقل مثلاً، ساقك على دراجة، يزداد استهلاكك للأوكسجين لنحو ليترين في الدقيقة. والآن، إذا دَرَّبْتَ الساقين الاثنتين، يتضاعف استهلاكك للأوكسجين، ولكن إذا قمت بتمرين الذراعين والساقين معاً، فإننا لا نلاحظ المزيد من استهلاكك للأوكسجين، ويبقى أربعة ليترات في الدقيقة. أضف لذلك، إن تدريب الساقين والذراعين معاً يخفض مقدار العمل الذي يقوم به كل طرف بصورة إفرادية. وهكذا، إذا كنت تركب دراجة بالسرعة القصوى ومن ثم دَرَّبت ذراعيك أيضاً، فإن قدرة الساقين على ركوب الدراجة تنخفض. هذا يشير إِلى أنّه، عندما نستخدم

طرفين أَو أكثر، فإن استهلاك الأوكسجين الأعظمي، وبالتالي استخدام الطاقة، لا يحدد من قبل العضلات ولكن من قبل عمليات جسدية أُخرى متعلقة غالباً بقدرة القلب على دفع الدم في الجسم. وعلى كل حال، إن قدرة الدم على حمل الأوكسجين إِلى العضلات ستحسن إذا زيد مقدار الهيموغلوبين في الدم، لأن الهيموغلوبين هو الذي يحمل الأوكسجين في الواقع. وقد تبين أن زيادة الهيموغلوبين يمكن أن يزيد تشكيل الطاقة الأعظمي للجسم بنسبة خمسة في المئة أَو أكثر. وهذا هو الأساس لشيء يسمى «بَلْعَةُ الدم» التي يستخدمها بعض الرياضيين: يُسْحَبُ ليتر واحد من دم الرياضي، وخلال الأسابيع التي تلي ذلك يتكيف الجسم، وذلك بتشكيل المزيد من الهيموغلوبين. وبعدئذٍ يمتزج الدم ثانية، حتى يصبح، خلال الأسابيع القليلة التالية، مستوى الهيموغلوبين أعلى من الطبيعي في الجسم. وللرياضي المصمم الخيارُ بين هذه الطريقة أَو يستطيع أن يأخذ نوعاً من الهرمون الطبيعي يدعى «إرثروبوتين» (أو EPO) الذي يحرض الجسم ليشكل المزيد من الكريات الحمر. إن هذا «العقار» هو الذي عطّل السباق في فرنسا عندما اكتشف في سيارة فريق راكبي دراجات فيستينا. ومن المستحيل تقريباً أن نعرف فيما إذا أخذ الدرَّاجون EPO أم لا، لأنه يُشَكَّلُ بصورة طبيعية من قِبل الجسم. وقد استخدم الرياضيون المصممون الجراحة لكي تزيد من إمداداتهم من الدم، وذلك بزيادة حجم شرايينهم الرئيسية وتوسيع صمامات قلوبهم. وتشير الآثار الفعالة لهذه العلاجات أن

معدل الأوكسجين الذي يصل للعضلات، يُحَدِّدُ فعلاً التشكيل الأعظمي للطاقة.

ومن جهة أُخرى، يفوز البعض في السباقات ليس بكثير من معدل استقلابي أعظمي أعلى من غيره، ولكن بسبب قدرة أكبر على التحمّل والجَلَد ـ أي تعب أقل. ويمكن للتمرين أن يزيد معدل استقلابك الأعظمي بنسبة خمس إِلى خمس وعشرين في المئة، ولكنه يستطيع كذلك أن يزيد قدرتنا على التحمّل والْجَلَد، أي الزمن الذي نحافظ به على المعدل الأعظمي قبل التعب، بنسبة خمس مئة في المئة. ويبدو لنا أن ذلك ينتج عن زيادة في مقدار المايتوكندريا في العضلات أثناء التمرين. تولد المايتوكندريا جزيئات ATP على نحو فعَّال أكثر من الغلايكوليسيس الصادر عن غلوكوز والغلايكوجين وَتُمَكِّنُ العضلات أن تولد طاقة من الدسم، وليس من الكاربوهايدريت. إن التدريب على التحمّل والْجَلَد يغير الاستفادة من الوقود المستخدم لتزويد التمرين بالقدرة: يتناقص احتراق الكاربوهايدريت ويزداد مقدار الدسم المحترق، ويُمَكِّن هذا الأمر خزائن الكاربوهايدريت، الحيوية للدماغ والعضلات، أن تدوم مدة أطول. وإن نفاذ خزائن الكاربوهايدريت هو الذي يسبب التعب خلال تمرين التحمّل أَو الْجَلَد. من أجل ذلك، يأكل الرياضيون طعاماً غنياً بالكاربوهايدريت قبل المسافات الشاقة، التي تملأ خزائن العضلات والكبد. وإذا كان هنالك غذاء غني بالدسم، ينضب الكاربوهايدريت ويصيبنا التعب بعد تسعين دقيقة من العَدْو، ولكن إذا كان هنالك غذاء

غني بالكاربوهايدريت، فقد لا يحدث هذا إِلاَّ بعد أربع ساعات. يدعو المشاركون في السباقات الطويلة نضوب الكاربوهايدريت باسم «الجدار»، لأن شعورهم يكون عندئذ كالاصطدام بجدار: أي تضعف عضلاتهم على نحو مفرط، ويصعب حملها وترتعش أرجلهم وترتبك أدمغتهم.

تعتمد تغذية معظم استخدام وتمرين العضلات على الكرياتين الفوسفوري والكاربوهايدريت. ومع أن وقودنا الرئيسي، أثناء الراحة، يصدر عن الدسم، إِلاَّ أنه خلال التمرين الشديد يصدر خمس وتسعون في المئة من الوقود عن الكاربوهايدريت. ونحن فقط نبدأ بحرق الدسم ثانية عندما تتوقف خزائن الكاربوهايدريت عن العمل. ويمكن أن تستخدم الكاربوهايدريت لتوليد جزيئات ATP، وبالتالي توليد الطاقة بطريقتين مختلفتين جذرياً. تقوم الطريقة الأولى على حرق الكاربوهايدريت في المايتوكندريا. ويتشكل بهذه الطريقة الكثير من جزيئات ATP، نحو ثلاثين من جزيئات ATP لكل جزيء غلوكوز يحترق. ولكنها طريقة بطيئة وتتطلب الكثير من أوكسجين الدم. وتقوم الطريقة الثانية على تحويل الغلوكوز إِلى حمض اللبن. تسمى هذه الطريقة غلايكلوسيس اللاهوائي، وتشكل جزئين ATP لكل جزيء غلوكوز. وهي طريقة أسرع ولا تتطلب أوكسجين، وهي وسيلة من الوسائل المستخدمة لتوليد جزيئات ATP أثناء التمرين الشديد. ويُشتق الغلوكوز من غلايكوجين العضلات، على نحو، في البداية، لا يحتاج لشيء من الدم ليغذي استهلاك الطاقة الزائدة بصورة

كبيرة للعضلات المتقلصة بصورة أعظمية. وخلال العدو لمسافة مئة متر قد تزداد حاجات الجسم من الطاقة بنسبة ثلاثين ضعفاً، ويُستهلك المحتوى الكلي لجزيئات ATP الموجود في العضلات (نحو 50 غراماً) كما ينبغي أن تتجدد الحاجات في كل ثانية. ولكن الرياضي قليلاً ما يتنفس في مدى زمن قصير من السباق ولا لزوم لمزيد من الأوكسجين لأن نصف جزيئات ATP تتجدد من الكرياتين الفوسفوري والنصف الآخر من غلايكولسيس اللاهوائي. والمشكلة في توليد الطاقة هذه أنها لا تدوم طويلاً. وينضب الغلوكوجين بسرعة ويزداد حمض اللبن الذي تشكَّل بسرعة. وحمض اللبن هو حمض فعلاً وإذا كان تركيزه عالياً فإنه «يَحْرُق» مسبباً ألماً موضعياً حاداً عبر الصدر يصيب العدَّائين غير اللائقين. وما الحمض إلاَّ سبب رئيسي للتعب.

ولتعب العضلات خلال التمرين أَو العمل، أسباب كثيرة تتعلّق بالتمرين الذي نقوم به. وقليلاً ما يفاجئنا أن نرى أنواعاً من التمارين، كرفع الأثقال وكرة القدم والعدو السريع لمسافات قصيرة والعدو لمسافات طويلة، تستخدم أنواعاً مختلفة من العضلات من أجل أزمنة مختلفة، ومصادر مختلفة من الطاقة، فارضة متطلبات مختلفة على الجسم. ومن الأسباب المعروفة للتعب عجز في إمدادات الطاقة يؤدي إِلى نضوب خزائن الطاقة (كرياتين فوسفوري أَو غيلاكوجين) أَو زيادة النتاج النهائي للاستقلاب (حمض اللبن أَو الفوسفات). وقد ينشأ التعب كذلك عن عجز الإشارات التي تأمر العضلات بالتقلص. وقد يحدث هذا داخل العضلات عندما يمنع النتاج النهائي للاستقلاب

إشارات الكالسيوم التي تُقَلِّص العضلات بصورة طبيعية. وقد يحدث هذا خارج العضلات إذا فشل الدماغ في إرسال نبضات عصبية للعضلات: أي عجز الإرادة. ويُعْكَسُ تعبُ العضلات بصورة طبيعية، مع أن سد نقص خزائن الغلاكوجين العضلات، بعد عَدْوٍ أدَّى إلى إرهاق، يأخذ عادة على الأقل ثماني وأربعين ساعة إذا كان الطعام غنياً بالكاربوهايدريت. وعلى كل حال، إن التعب الناتج عن تقلص عضلي دائم بسبب ثِقَل كرفع الأثقال أَو تسلّق الصخور قد يؤدي إلى إيذاء عضلي خفيف يُعْكَسُ فقط ببطء. إن الأذى الذي يصيب العضلات والأوتار والمفاصل منتشر بين الكثير من الرياضيين المختلفين. إن التعب عمليةٌ معقدة، لا ريب في ذلك، ولا تزال غير مفهومة تماماً.

ولكن! كيف لنا أن نتغلّب على العوائق الواقعة في وجه الأداء؟ كيف لنا أن نخترق الحدود الفزيولوجية للجسم البشري لكي نصل إلى مستويات جديدة من الإنجازات في مجال الرياضة والحياة؟ أم هل حدود أداء الجسم البشري ثابتة؟ أم هل أَمَرَ القدر أن نكافح من أجل أجزاء من الثانية فيما يتعلّق بالأرقام القياسية العالمية حتى نهاية التاريخ البشري؟ ما يزال الرياضيون يوسعون حدود معدل الاستقلاب والقدرة على التحمّل منذ آلاف السنين. فقد استعمل الإغريق القدماء أظلاف الحمير بعد طحنها وغليها في الزيت مع الورود. استعمل شعب الأزتيك عصارة الصبّار ليدعم الركض الذي كان يمكن أن يستمر لأكثر من اثنتين وسبعين ساعة. استعملت شعوب الإنكا نبات الكوكا

(الذي يستخرج منه الكوكائين) لزيادة القدرة على الاحتمال. وكما ذكرنا سابقاً، تقوم الطرق العصرية الرئيسية لتحسين حدود الأداء على التدريب ونمط الحياة والراتب الغذائي. يزيد التدريب معدل الاستقلاب الأعظمي والقدرة على التحمّل: وذلك بزيادة حجم القلب وعدد من الأوعية الدموية وكتلة العضلات وكثافة آلات الأنزيما، وأخيراً وليس آخراً، مقدار المايتوكندريا في العضلات. إن نوع الألياف العضلية يمكن كذلك أن يتغيّر إضافة إلى نوع الوقود المستعمل. وهنالك نوعان رئيسيان من الألياف العضلية: نوع سريع ولكنه يتعب بسرعة، ونوع بطيء ولكن مع قدرة كبيرة على التحمّل. أما العضلة المكونة بمعظمها من الألياف السريعة فتكون بيضاء (مثل صدر الدجاجة) لأنها تحتوي على مقدار قليل من المايتوكندريا والأوعية الدموية، كما أنّها تعتمد على الغلايكوليسيس اللاهوائي لتغذي بسرعة جزيئات ATP ولكن بمعدل لا يدوم طويلاً. أما العضلات التي يتكون معظمها من ألياف بطيئة فتكون حمراء أو بنية أو رمادية (مثل ساق الدجاجة) لأنها مليئة بالمايتوكندريا والدم. ويستطيع التمرين أن يغيِّر نِسب الألياف المختلفة في عضلاتك. يمكن أن يكون لِعدَّاء المسافات القصيرة ورافع الأثقال ألياف سريعة بنسبة ثمانين في المئة، وألياف بطيئة بنسبة عشرين في المئة. بينما لِعدَّاء المسافات الطويلة عكس هذه النسبة. ولذلك من الضروري أن تقوم بالتمارين الصحيحة وإلاَّ أصبح لديك نوع من الألياف غير مناسب. وفي الرياضة التي تحتاج قدرة شديدة، من المهم أن تزيد كذلك مقدار

العضلات لأن ذلك يتعلّق بإنتاج الطاقة. ويمكن أن يتحقَّق هذا باتباع تمارين القوة وغذاء غني بالبروتين والكاربوهايدريت وتناول الستيرويد الابتنائي، وهو عقار متعلق بهرمون جنسي تفرزه الخصية ويزيد كتلة العضلات. ولكنه ممنوع في المسابقات الرياضية لأنه يُكْسِب الرياضي ميزة تنافسية من جهة، ولأن له آثاراً جانبية ضارّة من جهة أُخرى مثل حب الشباب والعجز الجنسي والعقم. لقد حُرم بن جونسون من ميداليته الذهبية الأولمبية التي نالها في سباق المئة متر سنة 1988، عندما كشف بوله عن وجود استيرويد الإبتنائي. ولكن من الصعب للغاية أن نضبط الهرمونات الطبيعية التي تزيد كتلة العضلات مثل هرمون النمو البشري. وعندما وصلت نجمة الفريق الصيني للسباحة إِلى أستراليا من أجل الحصول على بطولة العالم سنة 1998، وجد ضابط الجمارك شيئاً أكثر من ثياب السباحة ونظارات الوقاية. كان لديها أكثر من ثلاث عشرة قارورة من هرمون النمو البشري، وهي كمية تكفي لتزويد الفريق الصيني كله بالهرمون الذي لا يمكن تمييزه عن هرمون الجسم الطبيعي. على كل حال، وبالرغم من أن مقداراً كبيراً من العضلات ضروري للرياضة التي تحتاج قوة، إِلاَّ أن هذا لا ينطبق على الرياضة التي تحتاج قدرةً على التحمّل، ويتضح هذا في الجسم النحيل لعدَّاء المسافات الطويلة.

مع أن القوة والقدرة والتحمّل أمور هامّة للقيام بالأداء المطلوب، إِلاَّ أن الأسلوب هام كذلك عندما نستخدم العضلات لأداء عملٍ كرفع الأثقال أَو ركوب دراجة إِلى قمة هضبة. فقط خمس وعشرون في

المئة من الطاقة المستخدمة لتغذية العضلات تتحوّل إِلى عمل، وخمس وسبعون في المئة تتبدّد كحرارة. فإذا تَمكنَّا من زيادة هذه الفعالية تَمكنَّا من زيادة الأداء. وإذا فكرت في الأمر فإن العَدْو وسيلة تَنَقُّل غريبة تشتمل على القفز إِلى الأعلى والأسفل بالإضافة إِلى التحرّك إِلى الأمام. ويدعم هذا القفزَ مرونةُ وتر آخيل الموجود في الكاحل الذي يعمل عمل المطاط المرن فيتوسع عندما نضع قدمنا على الأرض ويتراجع إِلى طوله في حالة الارتخاء ليدفعنا إِلى الأعلى. وهكذا نجد أن مقداراً كبيراً من الطاقة يُحفظ أثناء العَدْو، وهذا يرفع فعالية الطاقة من نسبة خمس وعشرين في المئة إِلى أربعين في المئة. ويزيد التدريبُ مرونةَ الوتر بينما تُنقص الشيخوخة هذه المرونة وتجعل العَدْو أقل فعالية. ويُعْتبرُ حيوان الكانغارو الأول بلا منازع في القفز الذي يمكن أن يزيده من 5 كم في الساعة إِلى 20 دون استخدام طاقة إضافية، وإنما استخدام المزيد من القفز فقط.

يمكن للتدريب أن يُعيد هندسة الجسم ويصوغه حسب متطلبات نشاط رياضي محدد. ومن أكبر التطورات في أسلوب التدريب كان إدخال التدريب مع فاصل من الراحة. ويتألّف هذا الأسلوب من فترات متكرّرة من التمرين ثم راحة. بالنسبة للعدّائين المشاركين في المسافات المتوسطة، ويشتمل هذا الأسلوب على عشر ثوان من الركض السريع وعشرين ثانية من الراحة، مع تكرار هذا الأسلوب لساعة أَو ساعتين. من الصعب أن نرى لماذا يُحَسِّن هذا الأسلوب الأداءَ، ولكنّه يحسِّنه حقاً. لقد أُنشىء هذا الأسلوب من قبل الدكتور

ريندل Reindell، أخصائي أمراض القلب الألماني سنة 1930 لتقوية قلوب مرضاه. وقد جَرَّب أنظمة مختلفة وقام بقياسات قلبية دقيقة. وقد أظهرت نتائجه أن أكثر الطرق فعالية كان تكرار الركض السريع لمسافات قصيرة تفصل بينها فترات راحة قصيرة، وقد أدَّى هذا إلى زيادة في حجم القلب وفي مقدار الدم الذي يَضُخ عند كل خفقة. اكتشف ريندل Reindell كذلك أن هنالك زيادة ملحوظة في استهلاك الأوكسجين الكلي للجسم خلال التمرين (معدل الاستقلاب الأعظمي). وهكذا لم تكن التغيرات التي حَرّض عليها التدريب على فترات مقصورة على القلب فقط، ولكن حصلت في أنحاء الجسم كذلك. كما تَبين أن أكثر التغيرات إثارة كانت تجري في عضلات الهيكل العظمي. وقد طُبِّقَتْ هذه النتائج الطبية بسرعة على رياضيي الدرجة الأولى في ألمانيا النازية قبل الحرب. وقد كان ڤولديمار جيرشلر من أشهر المدربين الذين طَبَّقوا بصورة نظامية التدريب على فترات. وحذف تلميذه النجم رودولف هاربيغ ثانيتين تقريباً من الرقم القياسي العالمي لمسافة 800م سنة 1939، ثم حَطَّم كذلك بعد وقت قصير الرقم القياسي العالمي لمسافة 400م. ومات هاربيغ في الحرب العالمية الثانية، ولكن بقي التدريب على فترات، وسرعان ما انتشر حول العالم.

ومع أن التدريب مع فواصل من الراحة أثبت فائدته إلاَّ أننا لا نعرف لماذا. وفي التمرين الذي يتطلب شدة وأوقاتاً مختلفة، تُقَيِّدُ أقسامٌ مختلفة من الجسم الأداءَ كالرئتين مثلاً والقلب وإمدادات الدم

ومقدار العضلات أَو نوعها أَو المايتوكندريا. وإذا لاحظنا في نوعٍ معينٍ من التمارين أن هنالك قسماً من الجسم يقيد الأداء، عندئذٍ ينبغي أن نلتفت إِلى هذا القسم وحده ونكَيِّفه حسب حاجات التمرين وذلك بزيادة حجمه أَو أدائه. ومن أجل زيادة مقدار وأداء مايتوكندريا العضلات، من المهم أن نقوم بتحديد المايتوكندريا اللازمة للتمرين. ولكن أثناء الركض لمسافات متوسطة، مثلاً، تُحَدِّدُ المايتوكندريا الأداءَ على نحو ضئيل، لأن التغذية بالأوكسجين والوقود الذي يدفعه القلب والأوعية الدموية تعمل كذلك عمل الكوابح. وإذاً، ليس للتدريب من أجل سباق المسافات المتوسطة، الذي يقوم على الركض لمسافات متوسطة إِلاَّ الأثر الضئيل على تحسين مقدار فَعَّالية المايتوكندريا. ولكن خلال جهود عنيفة مفاجئة من التمرين، لا تُقَيَّدُ المايتوكندريا بالتغذية بالأوكسجين من خلال القلب أَو إمدادات الدم، لأن مقداراً ضئيلاً من الأوكسجين مخزون داخل العضلات نفسها. إذاً، لفترة قصيرة في بداية التمرين (وحتى انتهاء الأوكسجين) تنفذ المايتوكندريا كذلك وَيُؤَكِّدُ على أهميتها لدرجة أن خلية العضلات تدرك أن عليها أن تشكِّل المزيد من المايتوكندريا. ويُشَكِّلُ مِلحُ اللاكتات والجزيئات الأُخرى التي تسبِّب التعب خلال التمرين الشديد. بينما تسمح فترة من الراحة لهذه الجزيئات أن تُغْسل بماءٍ دافق يُخْرِجها من العضلات وهكذا يختفي التعب. وتُعْطي تمارين في أوقات مختلف وشدة مختلفة أهمية لأقسام مختلفة من الجسم، وبالتالي تدربها على نحو أكثر فعالية.

ارتبط الطعام والأداء الرياضي معاً منذ عصر اليونان القديمة، ولكن هذه الرابطة لم تُفهم جيداً. لا يزال عددٌ من الرياضيين يعتقدون مثلاً أن طعاماً غنياً بالبروتين ضروري للتحضير للمنافسة، بينما ثبت العكس كما بيَّنت الدراسات المعاصرة، حتى أولئك الذين يحتاجون كتلة عضلية كبيرة لا يحتاجون إِلاَّ لمستويات معتدلة من البروتين، بل إن الطعام الغني بالكاربوهايدريت هو الذي يقدم الوقود الضروري لتمرينٍ شاقٍ وطويل. وأكبر تقدم مفاجئ في التعزيز الغذائي المتعلق بالقدرة على التحمّل كان الغذاء الغني بالكاربوهايدريت، وهي فكرة أتى بها إريك هالتمان Hultman الإسكندنافي وآخرون. يقوم هذا النظام الغذائي على ملء الجسم بالكثير وبقدر المستطاع من الكاربوهايدريت قبل السباق بأسبوع، ويتألّف من الراحة (تدريب خفيف فقط) وطعام غني بالكاربوهايدريت (سبعون في المئة من الحريرات تأتي من الكاربوهايدريت) وهذا يزيد الكاربوهايدريت المخزون في العضلات (على شكل غلايكوجين) بنسبة مئة في المئة، ومع أنّه يزيد سرعة الركض الأعظمية، ولكن الأهم أنّه يزيد الزمن الذي يمكن للسرعة الأعظمية أن تحافظ عليه (التحمّل) بنسبة خمسين بالمئة تقريباً. والسبب أنه إذا نفذ الغلايكوجين في الرياضة التي تتطلّب تحمّلاً فإن التعب يتلو ذلك بسرعة. إن ملء الجسم بالكاربوهايدريت نظام من الأنظمة الغذائية التي تحقِّق نجاحاً حقاً. ولكنها تناسب الرياضة التي تتطلب تحمّلاً وتدوم لأكثر من ساعة.

لقد ٱستُخدمَ «الكرياتين» مؤخراً على نطاق واسع كجرعة داعمة،

لأنه يُعطى في العضل ويتحوّل إِلى كرياتين فوسفوري الذي يعمل كمصدر سريع لجزيئات ATP في الثواني الأولى من التمارين الشديدة. إن الكرياتين أهم اكتشاف يلائم الغذاء الرياضي منذ فكرة ملء الجسم بالكاربوهايدريت، كما أنّه انتشر على نطاق واسع كدواء لجميع أشكال التعب. وأول دليل على فائدته جاء على يدي روجر هاريس، الفزيولوجي من مركز رعاية صحة الحيوان في مدينة نيوماركت. في سنة 1984 حاول أن يعطي الكرياتين لحصان: وعندما عجز الحصان، أخذ روجر نفسُه الجرعةَ. وبعد ذلك وجد الكرياتين في دمه. وهذا يعني أنه يمكن أن ينتقل من الأنبوب الهضمي إِلى الدم. وقد كان ذلك اكتشافاً هاماً لأن معظم المواد المعقدة كجزئيات ATP والبروتين تتحلّل في الأنبوب الهضمي ولا تدخل الدم سليمة كما هي. بعد ذلك، درس هاريس (وزملاؤه هالتمان وسوديرلاند وغرينهاف) فيما إذا أمكن للكرياتين أن يدخل العضلات لزيادة المستويات الطبيعية. مرة أخرى، كان ذلك تقدماً علمياً مفاجئاً وحاسماً، لأن الخلايا تُحْسِنُ انتقاء ما تريده من الدم وتنظم بصورة طبيعية محتوياتها بإحكام حقاً. كما وجدوا (مع زملائهم) أن تغذية الناس بجرعة عالية (بخمس وعشرين غراماً يومياً) من الكرياتين زاد مستويات الكرياتين في العضلات بنسبة عشرين في المئة، ولكن قد أُحرِزَ مستويات أعلى عندما رافق ذلك تمارين شديدة. وساعدت المستويات العالية من الكرياتين على زيادة مستويات الكرياتين الفوسفوري في العضلات، والأهم من ذلك، ساعدت على استعادة مستويات الكرياتين

الفوسفوري على نحو سريع بعد نفاذها بسبب التمرين. وزاد، بصورة هامشية ولكن ثابتة، أداءُ التمرين الشديد المتقطع بسبب جرعة كرياتين داعمة. أما الاختبارات التي جُرِّبتْ على عشرة عَدَّائين مُدرَّبين للمسافات المتوسطة والذين قاموا بالركض لمسافة ثلاث مئة متر أربع مرّات أَو مسافة ألف متر مع فترة راحة لمدة ثلاث أَو أربع دقائق بين كل ركض وآخر، فقد أظهرت أن أداء العدَّائين المُدعَّمين بجرعة كرياتين كان أفضل من العدَّائين الذين تلقوا مهدئاً في نهاية السباقات الأربعة، كما أن الزمن كان أسرع بالنسبة لمسافة 300م ومسافة 1000م (0,3 و2,1 ثانية على التوالي) بالنسبة للعدّائين المدعمين بالكرياتين. ومنذ ذلك الوقت، أثبتت محاولات أُخرى أن الكرياتين يمكن هامشياً أن يزيد أداء التمارين الشديدة. والأثر الجانبي الوحيد للجرعات الكبيرة من الكرياتين المعروف حتى الآن هو زيادة الوزن. أما الآثار الجانبية الأُخرى على المدى الطويل فغير معروفة حتى الوقت الحاضر.

لقد استخدمت عدة عقاقير منشطة لتحسين الأداء. وتعمل هذه العقاقير عموماً على تعزيز عمل الأدرينالين والجهاز العصبي الودي. ويعمل الأمفيتامين والكوكائين بهذه الطريقة ويزيدان الأداء ولكنهما غير قانونيين ولهما آثار جانبية متعدّدة. أما الكافائين فبديل قانوني وقد استخدمه الرياضيون منذ عهد بعيد. وتشير دراسة حديثة إِلى أن تناول القهوة بمعدل فنجانين أَو ثلاثة يعزّز التمرين الشديد والقدرة على التحمّل.

إذاً للخيارات المتوفرة لزيادة الأداء البشري آثارٌ هامشية نوعاً ما. وقد تكون هامة للفرد الذي يشارك في السباق، ولكن ليس لها تضمين مثير في كتب الأرقام القياسية. لقد تناقصت ببطء أزمنة الأرقام القياسية العالمية منذ أن أُخفيت الأرقام. وازدادت السرعة المتوسطة في السباقات بصورة متناظرة. ولو كان هنالك حدود فزيولوجية أَو حدود قصوى لسرعة الركض البشري، فإننا نتوقع، كما ذكرنا، أن يندر أن يتباطأ التحسن فيما يتعلّق بالزمن والسرعة. إِلاَّ أنه من الملاحظ أن هذا لا يبدو صحيحاً. فقد ازدادت الأرقام القياسية العالمية للركض باستمرار خلال القرن الماضي، دون أن يتناقص معدل التحسّن. فإذا كان هنالك حدود فهي غير منظورة حتى الآن. وكذلك الأرقام القياسية العالمية للسيدات، وعلى نحو غير متوقع، قد تحسّنت بأسرع من أرقام الرجال. وقد قَدَّرَ معدل التحسّن بريان وويب وسوزان وورد من UCLA في مقالة في مجلة نيتشر Nature «هل ستسبق النساءُ الرجالَ قريباً؟» لقد تنبأ هذان الشخصان أنّه إذا استمرت معدلات التحسن كما تحسّنت خلال الخمسين سنة الماضية، عندئذٍ ستسبق النساءُ الرجالَ في معظم المباريات الرياضية بموعد أقصاه سنة 2035، وقريباً جداً في المباريات التي تتطلّب القدرة على التحمّل كما هو الحال في سباق المسافات الطويلة. ويعتقد معظم المراقبين أن معدل تحسّن الأداء، للذكور والإناث، لا يمكن البرهنة عليه. وربما علينا أن ننتظر حتى سنة 2035 لكي نعرف الحقيقة.

ليس التمرين شأناً يخص الشخص الرياضي فقط، يجب أن يكون

شأناً يخص الجميع. إن الانحدار العام للتمرين واللياقة خلال الخمسين سنة الماضية في العالم المتطور، والناشئ عن نمط حياة تتطلّب الكثير من الجلوس قد أسهم في انتشار البدانة وأمراض القلب وربما الكآبة والقلق كذلك. يمكن للتمرين أن يساعد في منع أَو تأخير هذه الاضطرابات. وفي سنة 1992 وجد مركز دراسة اللياقة الأهلي في المملكة المتحدة أن سبعة من عشرة رجال، وثمان من عشر نساء لا يمارسون الرياضة على نحوٍ كافٍ ليفيدوا صحتهم. وَيُغيِّرُ التمرين المتكرر المتوسط الشدة أَو العالي الشدة من الطريقة التي يعالج الجسم بها الدسم والكاربوهايدريت، ولذلك تُطْرَحُ من الجسم بسرعة. وبالتالي ينخفض خطر البدانة وداء السكر والأذى الذي يصيب الأوعية الدموية. كما أن التمرين يخفِّف من القلق والكآبة ربما بتغيير مستويات الإشارات العصبية في الدماغ. والتمرين يشبه، في العالم العصري، الدواء الذي يشفي من جميع الأمراض. إِلاَّ أن الانحدار السريع للياقة في العصور الحديثة يشير أن التمرين غير منتشر انتشار الفشار.

معجزة الحركة

كيف يمكن أن تحدث الحركة الإرادية؟ كيف أحرِّك ذراعي بمجرد أن آمره بذلك؟ هذا هو السؤال المركزي للغز قديم من ألغاز الحياة. بالنسبة للإغريق القدماء والثقافات الأُخرى، كانت القدرّة على الحركة المقياس للتفريق بين الحياة والموت، والإشارة إِلى وجود

الأرواح والقوى الخارقة والشياطين. أما اليوم فإننا نقسم السؤال إِلى ثلاثة أقسام منفصلة عن بعضها: كيف تتقلص العضلة؟ كيف ينتقل الأمر من الدماغ إِلى العضلات؟ وكيف يتشكّل الأمر في الدماغ؟ فقط خلال الخمسين سنة الماضية وجدنا إجابات عن السؤالين الأولين، بينما يبقى الجواب عن السؤال الثالث محيراً كالعادة.

إن معظم الحركات الإرادية تنشأ عن التقلّص لعضلاتٍ كثيرة في الجسم. فإذا حركت يدك تجاه كتفك فإن السبب يعود إِلى تقلّص العضلات ذات الرأسين الواقعة في أعلى الذراع. فإذا حركت يدك بعيداً عنك، فبسبب تقلص العضلات ثلاثية الرؤوس الواقعة أسفل الذراع، بينما ترتخي العضلات ذات الرأسين. إن ارتخاء العضلات عملية سلبية بكاملها: تتوقف العضلة عن التقلّص وقد تطول إذا تقلّصت عضلات أُخرى وسُحِبَت من طرفيها. إن حركات اليد والإصبع المعقدة، من أجل التقاط فنجان مثلاً، تنشأ عن تقلّص وارتخاء منسّق لعشرات من العضلات المختلفة. حركات التنفّس وحركات العين منسّقة كذلك بعضلات متعددة. الحركات الداخلية للقلب والمعدة والأنبوب الهضمي والرحم تنشأ عن تقلصات إيقاعية لإسطوانات من العضلات: تتألف جدران الإسطوانة من العضلات، وعندما تتقلّص يضيق قطر الإسطوانة دافعاً المحتويات للخارج.

إن الحركة الجسدية الهامة والوحيدة التي لا تنشأ عن العضلات هي انتصاب القضيب، الذي ينشأ عن احتقانه بالدم. أما لماذا لا يستخدم القضيب العضلات! فربما لأن الحركة المطلوبة ستكون

صعبة إذا استخدم العضلات. كل الحركات الكبيرة تنشأ عن عضلات متصلة بالعظام التي تُثَبِّتُ العضلات وتضخم الحركة التي سببها التقلّص. وحتى إذا وجد عظمة في القضيب (وهنالك عظمة في بعض الحيوانات كحيوان يسمى المدرع) فمن الصعب أن نمنعها للوصول إلى انتصاب القضيب. كما أن وجود عظمة يمكن أن يعيق القضيب من تغيير حجمه وشكله. وعلى كل حال، لو استخدم القضيب العضلات لأدى ذلك إِلى انتصاب أسرع، لا شك.

ولكن كيف تتقلّص عضلة مفردة؟ تحتوي العضلات على عدد كبير من خيوط دقيقة تشبه الحبال الرفيعة ممتدة على طول العضلة، تجتمع متوازية مع بعضها داخل الخلية الكبيرة. وَلِنِصْفِ هذه الخيوط الدقيقة (وتسمى الخيوط الثخينة) أذرعٌ صغيرة كثيرة تنتشر على طولها، وبارزة من جوانب الخيوط الثخينة التي عليها أن تتمسك وتلتصق بالخيوط المجاورة (وتسمى الخيوط الرفيعة). وكل «ذراع» عبارة عن آلة بروتينية صغيرة، تلتصق دائماً بالخيط الثخين عند أحد أطرافها (الكتف) بينما يمكن للطرف الآخر (اليد) أن يلتصق أَو ينفصل عن الخيوط الرفيعة المجاورة. وعندما يلتصق الذراع بالخيط المجاور، فإنه قد يتقلّص أَو ينحني وهذا يجعل الخيطين يتحرّكان قليلاً بالنسبة لبعضهما أَو نوعاً ما ينزلقان على بعضهما في اتجاهين متعاكسين. عندئذٍ يستطيع الذراع أن ينفصل عن خيطه المجاور ويرتاح، ومن ثم يلتصق ثانية باتجاه الأعلى ثم يكرّر دوره من الالتصاق والتقلّص والانفصال والراحة خمس مرّات

في كل ثانية. وَتُغَذَّى هذه الدورة من قبل جزيئات ATP: جزيء ATP يرتبط بالقسم من الذراع الذي ينحني. وانقسام ATP يُغذي التقلّص والدورة. وتعمل جزيئات ATP عمل البندقية المليئة بالنوابض، الذراع يربط البندقية ATP داخل البنية ويسحب الزناد جاعلاً الذراع يغيِّر شكله (نوع من الحركة الاهتزازية لليد حسب النماذج السائدة) وهذا يغذي التقلّص.

هنالك الكثير من «الأذرع» على كل خيط ثخين (نحو ثلاثة مئة خيط)، وكل ذراع يسحب الخيوط المجاورة جاعلاً إيّاها تنزلق فوق بعضها بمعدل يصل إلى 1000000/ 15 من المتر في الثانية. وبعض الخيوط ترتبط بصورة غير مباشرة بالعظام عند إحدى نهايات العضلة. وهكذا عندما تنزلق فوق بعضها تتقلّص العضلة. وتشبه هذه المسألة لعبة شد الحبل باستثناء أن كل الذين يشدّون الحبل، في لعبة تقلّص العضلة، مربوطون بحبلٍ واحدٍ (خيطهم الثخين المشترك). ويتجه نصف الفريق باتجاه ويتجه النصف الآخر عكس ذلك الاتجاه وظهور بعضهم لبعضهم الآخر. إنّهم لا يسحبون الحبل الذي يربطهم معاً، ولكن يَسحبون حبلين آخرين (الخيوط الرفيعة) وغير مربوطَيْن بأي ذراع. إلاّ أنهم يُسحبون في الاتجاه المعاكس من قبل فريقين آخرين. وقد ترتبط عدة فرق وحبال مع بعضها بهذه الطريقة وعلى شكل خط طويل. وإذا اتصل طرفٌ بشيء ثابتٍ واتصل الطرف الآخر بثقلٍ متحركٍ، فإنه سوف يتقلّص ويقوم بالعمل بسحب الثقل. ويعرف هذا النموذج من التقلّص العضلي باسم «نموذج الخيط المنزلق» وقد

اقترحه البيولوجيّان في جامعة كامبريدج هاغ هاكسلي وأندرو هاكسلي سنة 1953 و1954.

ومع أن هذا النموذج يخبرنا كيف تتقلّص العضلة، لكنه لا يخبرنا كيف يُنظم هذا التقلّص. وكما هو الحال في جوانب كثيرة من البيولوجيا، من الضروري أن تعرف ليس فقط كيف تفعل أمراً ولكن متى تبدأ ذلك ومتى تتوقف. تتطلب حركات كالركض مثلاً تقلّصاً واسترخاءً متبادلين للكثير من العضلات التي ينبغي أن تكون منسّقة بدقة وإحكام. وتتطلّب هذه المسألة جزيئاً يبلغ بالإشارة الأمر من النبضات العصبية الصادرة عن الدماغ إلى آلة التقليص الموجودة داخل الخلايا العضلية. ويُحمل هذا الأمر داخل الخلايا العضلية من قبل الكالسيوم. ويرتبط الكالسيوم بالخيوط الرفيعة ويسمح بالتفاعل الدوري بين الخيوط المتجاورة التي تغذي التقلّص. وفي حالة انعدام الكالسيوم لا تستطيع أذرع الخيوط الثخينة أن ترتبط بالخيوط الرفيعة المجاورة فترتخي العضلة. وهكذا نجد أن العضلة تتقلّص عندما يرتفع مستوى الكالسيوم وترتخي عندما يكون منخفضاً.

ولكن كيف يرتبط التقلّص العضلي بالدماغ الذي يأمر العضلة أن تتقلّص. يرتبط الدماغ بالعضلة بواسطة خلايا عصبية حركية (العصبون) التي تنتهي بالعضلة. عندما يبدأ العصبون الحركي بالعمل، تمر نبضة كهربائية على طول العصبون وتصل لنهايته مشكّلة مادة كيميائية (إشارة عصبية تسمى أستيل كولين) تُطلق من نهاية

العصبون إِلى الخلايا العضلية. بعدئذٍ ترتبط هذه الإشارة العصبية بمسامات محددة في غشاء الخلية العضلية، جاعلة المسامات تنفتح لتسمح للشحنة الكهربائية أن تجتاز الغشاء. وهذا يولِّد شرارة تُحدِثُ إشارة كهربائية تنفجر بسرعة عبر غشاء الخلية وفي أنحاء العضلة كذلك. وتَحُثُّ الإشارة الكهربائية بدورها مسامات غشاء الخلية العضلية أن تنفتح، فتسمح للكالسيوم بدخول الخلية. ويُنَشِّطُ الكالسيوم الذي يدخل من خلال المسامات إطلاقَ المزيد من الكالسيوم من الخزائن الداخلية. وَيُحْدِثُ الزيادةُ السريعةُ في مستوى الكالسيوم داخلَ الخلية تقلّصاً عضلياً. وعندما تتوقف الإشارة العصبية، لا يدخل الكالسيوم الخلية، بل يُبْعَدُ خارجاً ليعود إِلى خزائنه، الأمر الذي يسبِّب هبوطاً في مستوى الكالسيوم، وهكذا ترتخي العضلة. أما إبعاد الكالسيوم فيتطلب الكثير من الطاقة تأخذ شكل جزيئات ATP. وفي الواقع، إن ثلث الطاقة المستخدمة في تقلّص وارتخاء العضلات تُسْتَعمل فقط لطرد الكالسيوم خارج الخلية العضلية، الأمر الذي يسمح لها بالارتخاء.

إذاً، هذه هي كل المسألة. هكذا تحدث الحركة. ليس هنالك ضرورة أَو حاجة للأرواح أَو القوى الحيوية ـ فقط عدد كبير من آلات جزيئية داخل بنية معقدة بصورة تدعو للدهشة. وكأن هنالك من وضع ألحاناً راقصة ليشكِّل حركة منسّقة كحركة راقصة الباليه وهي ترقص على أصابع قدم واحدة.

من يتحكّم بالطاقة؟

إن الحصول على الطاقة أمر يختلف عن استخدامها. قد يحمل رجل بدين مئة كيلو من دسم غني بالطاقة ولكن قد يجد صعوبة في استعمالها لكي يصعد الدرج. وقد تملك امرأة مصابة بإرهاق مزمن كل الآلية السليمة لإنتاج الطاقة ولكنها غير قادرة أَو غير راغبة في استخدامها. قد يتناول رياضي ما يكفي من المعكرونة ليغذي نفسه بطاقة تكفي لعشرة سباقات طويلة، ولكنه لا يستطيع أن يفوز بالميدالية الذهبية للركض. لماذا يا ترى؟ ما هي المشكلة؟

إنها على كل حال مشكلة هامة ومألوفة في كل مجالات الحياة. قد يكون للاقتصاد القدرة على إنتاج البضائع التي نريدها، ولكننا لا نملك النقد الجاهز لنشتري تلك البضائع. قد يكون للطريق الرئيسي ثمانية ممرات من حيث نكون وإِلى حيث نريد أن نذهب، ولكن هنالك ورشة صيانة تسد الطريق جزئياً. قد يكون لدينا المال الكافي لنشتري ذلك المنزل ولكنه عالق بين عدد من البائعين والمشترين. وقد يكون هنالك شمس كافية في الصحراء تكفي لنمو غابة ولكن الماء غير متوفر!!

هنالك أمور تحدد أَو تقيّد عملية ما وأمور أُخرى لا تفعل ذلك. في الأمثلة المذكورة أعلاه، تَقَيَّدَ الاقتصاد بنقود المستهلك والاستهلاك ولكن ليس بإنتاج البضائع. وَتَقَيَّد زمن رحلتك بعدد الممرّات التي تعمل من خلال ورشات صيانة الطرقات، وليس بالعدد الباقي من ممرّات الطريق العام. أما متى تستطيع أن تشتري ذلك

المنزل فمقيّد بالزمن الذي يستطيع به البائع أن يجد منزلاً آخر، وليس بتوفر نقودك. وَتَقَيَّد نمو الغابة بالماء وليس بالشمس.

وبالطريقة نفسها، قد يتقيد شعورنا بالنشاط أَو الطاقة ببعض الأمور وليس بأمور أُخرى. وأن يكون لديك طاقة ليس كالذي يستطيع أن يستخدمها. والسبب أن السرعة التي تستعمل فيها الطاقة للحركة والتفكير، لا تكون عادة مقيدة بتوفّر وقود الطاقة، ولكن بعوامل أُخرى. والقوة أَو السرعة التي تعمل فيها يمكن أن تكون مقيدة بمقدار الغلوكوز أَو الوقود في بعض الظروف كالجوع مثلاً، ولكن ليس دائماً. فتناول حبة من الغلوكوز أَو قطعة من الشوكولاته لن تفيدك في معظم الظروف بل غالباً ما سوف تسبِّب لك أذى لأسباب سنراها فيما بعد. كما أن التهام مرطبان من جزيئات ATP لن يُحَسِّن مستويات طاقتك علماً أن مرطبانات من ATP قد بيعت لهذا الغرض. وهنالك ثلاثة أسباب لذلك: أولاً، لا تدخل جزيئات ATP إِلى الدم عن طريق الأنبوب الهضمي. وثانياً، إذا دخلت إِلى الدم فإنّها لا تدخل إِلى الخلايا. وثالثاً، حتى إذا دخلت إِلى الخلايا، فإن التغذية التي تقوم على جزيئات ATP لا تُقَيِّدُ الاستخدام. وحتى إذا لم تُقيِّد هذه التغذية الاستخدام، كما يمكن أن يحدث في الركض لمسافات طويلة، فإن المقادير المطلوبة ضخمة وتقدّر بنحو 10 غرامات من جزيئات ATP في الثانية لِعَدَّاء المسافات الطويلة أَو نحو مئة كيلو لكل سباق طويل المسافة.

تمتلئ أقسام الصحة ومجلات الصحة بمنتجات تشحنك،

ظاهرياً، بالطاقة، لأنها تتعلّق باستقلاب الطاقة. وفي الواقع إن نسبة تسع وتسعين في المئة من هذه المنتجات لن تفعل شيئاً في الأحوال العادية لأن تدبير طاقتك لا يرتبط بهذه العوامل.

إذا لم تحدد إمدادات الوقود طاقتنا بصورة طبيعية، فماذا يحدّدها؟ عادة آلية الخلية هي التي تحول تلك الطاقة إِلى جزيئات ATP أَو أن الآلية التي تستخدم جزيئات ATP لتقوم بالعمل كتقلص العضلات مثلاً أَو النبضات العصبية. ولهذه الآلية معدل أعظمي ومهما أعطيتها من الطاقة فلن تصبح أسرع مما هي عليه. على كل حال، يُنَظَّم المعدل الذي تعمل به الآلية من قِبل الهرمونات والأعصاب بينما ينظم مقدار الآلية في الخلية من قبل DNA. فمثلاً، إذا كنا نقوم بتمرين بانتظام، فإن الآلية لتشكيل الطاقة (مايتوكندريا) واستخدامها (الخيوط العضلية) تزداد ببطء داخل عضلاتنا. لأن الأوامر ترسل إِلى DNA لتزيد مقدار البروتينات في الخلية. إذاً، هنالك أمور نستطيع أن نقوم بها لتزيد مستوى طاقتنا، ولكنها غير واضحة وضوح تناول المزيد من الوقود.

إن عملية تتألّف من سلسلة من الأَعمال غالباً ما تكون بطيئة بطء أبطأ عمل رئيسي واحد، ليس أسرع وليس بالمعدل نفسه ولكن بالمعدل الأبطأ. ونحن جميعاً نعرف ذلك من خلال خبرتنا عن البيروقراطية. ويعلم مدير خط إنتاج أنّه ليس من المفيد إنتاج مئة هيكل سيارة في اليوم، إذا كان ينتج عشرة محركات في اليوم. فلماذا لا ينتج مئة محرك في اليوم؟ أَم لأَنه لا يستطيع تأمين قطع الغيار

الكافية ليصنع عشرة محركات في اليوم؟ مهما يكن من أمر، قد يكون من الأفضل إنتاج عشرة أنواع من كل شيء: عشرة محركات، عشرة هياكل، عشرة أطقم من الدواليب. . إلخ. وإلاَّ يمتلىء المصنع بسرعة بقطع سيارة لا تستعمل.

ويحدث في الجسم الأنواع نفسها من المشاكل. تتشكّل الطاقة عن طريق إحراق الطعام، وتُسْتَخْدم من أجل صيانة الخلايا والقيام ببعض المهام مثل النمو والإنجاب وتقلص العضلات والمحافظة على الدفء. ولكن هذه العملية الشاملة تشتمل على مئات من الأعمال الصغيرة الأُخرى، مثل الحصول على الطعام وتناوله وهضمه وامتصاصه وتوزيعه في الدم، وامتصاصه من قبل الخلايا وتحليله خطوة بعد خطوة من قبل الاستقلاب، وحرقه خطوةً دقيقةً بعد خطوةٍ دقيقةٍ أُخرى من قبل المايتوكندريا، وتحوله إِلى كهرباء إلكترون، وتحوله إِلى كهرباء البروتون، وتحوله إِلى كهرباء الفوسفات وتوزعه في أنحاء الخلية، ومن ثم تحوّله إما إِلى كهرباء الصوديوم على الغشاء أَو استعماله ليحرِّك العضلات أَو الآلات الأُخرى أَو أي شيء آخر. والنقطة الأساسية هي أن هنالك عدة خطوات إفرادية ينبغي أن تسير بالمعدل نفسه وإِلاَّ اضطربت العملية بكاملها بسرعة.

لن يكون هنالك مشكلة كبيرة لو كان لدينا معدل ثابت لتشكيل الطاقة عندئذٍ نستطيع أن ننظم المئات من الخطوات الصغيرة في عملية تشكيل الطاقة لكي تعمل جميعها بالمعدل نفسه وسيكون الجميع سعداء. ولكن، ولسوء الحظ، ليس الوضع هكذا. يعترض الجسمَ

باستمرار نوعان من التغير: تغير في مقدار الطاقة المطلوبة، وتغيّر في الوقود ونوعه. عندما تُسْرِعُ فجأة من وضعية الراحة إِلى الركض بالسرعة القصوى لتهرب من حيوان وحيد القرن المهاجم، تزيد خلايا عضلاتنا استخدام طاقتها عشر أَو عشرين مرة. فإذا لم نفعل ذلك فإننا سنموت على قرن وحيد القرن. وإذا تَمكنّا من الهروب بالتسلّق على شجرة الأوكاليبتوس فعلينا أن نخفض تشكيل طاقتنا إِلى مستوى الراحة. فإذا أخفقنا في ذلك فإن احتياطي طاقتنا سوف يُستهلك في بضع ساعات. وعلى كل حال، إذا استمر وحيد القرن في البقاء عند أسفل الشجرة طيلة الليل، فإننا سنقع في مشكلة إِلاَّ إذا تولت إمدادات الوقود من الغلوكوز إِلى الدسم، فإذا لم نفعل ذلك، فإن مخزون الغلوكوز سوف ينفد عند الفجر. وسوف تتجمّد أدمغتنا وسوف نقع من على الشجرة. ومرة أُخرى، بعد أن علقنا بلا طعام لمدة ثلاثة أيام على الشجرة، وإذا أنقذنا أمير أَو أميرة على بساط الريح واندفعنا بسرعة إِلى وليمة عامرة بما لذَّ وطاب من وحيد القرن المشوي، عندئذٍ علينا أن نحوّل استقلابنا إِلى تنظيم الغلوكوز والدسم. وإِلاَّ سوف نشعر بالحرج بسبب نقص احتياط الوقود عندما يُلقى بنا خارج القصر في الصباح.

إذا كان ينبغي تغيير استقلاب الطاقة والوقود، إذاً علينا أن نجد مكاناً داخل هذا الاستقلاب حيث تُنَظَّمُ العملية المعقَّدة بكاملها بواسطة ـ مفتاح تحويل رئيسي لبدء وإيقاف تشكيل الطاقة. في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، هنالك من اعتقد أن كل

عملية في الجسم خطوة مقيدة للمعدل، أَو خطوة رئيسية أبطأ من جميع باقي الخطوات تعمل «كعنق زجاجة» أَو «منظم سرعة» يضبط الخطوة أَو السرعة لكل الخطوات أَو السرعات. وعند هذه الخطوة المنظمة كان يعمل الهرمون ليغير معدل العملية لأن المعدل الإجمالي للعملية يمكن أن يتغير عند هذه الخطوة المُقَيِّدة للمعدل وهكذا ينظم. في السبعينيات من القرن العشرين هنالك من أتى بنظرية ثورية جديدة «تحليل التحكّم بالاستقلاب» وقد جاءت على أيدي هنري كاكسر وهنري بيرنز في مدينة أدنبره، ورينهارت هيزيك وتوم رابوبورت في مدينة برلين.

وخلاصة فكرتهم أن حجم الخطوات المختلفة التي كانت تقيد أَو تحدِّد المعدل ينبغي قياسه، عندئذٍ نستطيع أن نقرّر فيما إذا كان هنالك منظِّمات خطوات في الخلية أم لا. لم يكترث أحد في الماضي ليقيس حجم الخطوات المختلفة التي كانت تحدّد المعدل، لأنهم، من جهة، لم يعرفوا السبيل إِلى ذلك، ومن جهة أُخرى لأن النظرية السابقة قالت إن هنالك خطوة واحدة مقيدة ولذلك لم يكن هنالك فائدة من قياس كم كانت الخطوات الأُخرى مفيدة. لقد زوَّدتنا نظرية تحليل التحكّم بالاستقلاب بوسيلةٍ لقياس مقدار الخطوة المقيِّدة في عملية ما، وفسّرت كيف كان يعمل التقييد والتحكّم والتنظيم. لقد بينت لنا مثلاً أنك إذا أنقصت حجم الخطوة التي قيَّدت عملية ما، فإن عملية مختلفة لا بد أن تصبح أكثر تقييداً. وهكذا، إذا تَقَيَّدتْ طاقتك

بالفيتامينات، عندما تأخذ دلواً مليئاً منها، فلن تصبح الفيتامينات مُقيِّدة، ولكن شيئاً آخر سيكون قد أصبح هكذا.

عندما بدأ العلماء استخدام نظرية تحليل التحكّم بالاستقلاب لقياس الحجم الذي كانت الخطوات المختلفة (مثلاً داخل تشكيل جزيئات ATP) تُقَيِّدُ معدلات الاستقلاب الإجمالية، أدهشهم أن يجدوا أن معظم طرائق الاستقلاب لم يكن لها خطوة واحدة مقيِّدة للاستقلاب، ولكن عدة خطوات تقيد المعدل على نحو ما. كما أنّهم وجدوا أن توزيع تقييد المعدل بين خطوات مختلفة كان يتغير في شروط مختلفة. وقد كان لذلك معان هامة تتعلَّق بمستوى طاقتنا والمعدل الذي بموجبه نقيِّم بالأمور المختلفة. ليس هنالك خطوة واحدة داخل أجسامنا أَو خلايانا تقيّد أداءنا ولكن هنالك عدد من الخطوات أَو عمليات مختلفة التي تقيّده جزئياً. أما ما هي هذه الخطوات فإن ذلك يعتمد على الشروط. ليس هنالك خطوة واحدة أَو منَظِّم واحد مركزي وقوي داخل أجسامنا يقيد أو يتحكّم بأدائنا ومستوى طاقتنا في كل الأحوال، ولذلك ليس هنالك فيتامين واحد أَو عقار أَو علاج يستطيع أن يتخذ هذا المنظم هدفاً لتحسين أدائنا بصورة كبيرة أَو يشحن مستويات طاقتنا. هنالك في الواقع عدد كبير من العمليات، وكل واحدة منها تقيد عقار أداءنا قليلاً. وإذا فعلنا أَو أخذنا شيئاً لتحسين عملية واحدة، عندئذٍ سوف يتحسّن أداؤنا العام قليلاً، ولكن شيئاً آخر سوف يقيّده.

قَارَنَ كاكسر فكرةَ الخطوة المقيِّدة للمعدل بسياسة الحكم

الدكتاتوري: حيث يأمر شخص واحد الجميع بما عليهم أن يفعلوا، لأن الخطوة المقيدة للمعدل تستطيع أن تأمر الخطوات الأُخرى بأي معدل عليها أن تعمل. أما العمليات الخليوية فقد قال إنها تعمل عمل الديمقراطية، حيث لمعظم الخطوات قول ضئيل ولكن هام يؤثّر على السرعة التي تجري فيها العملية الإجمالية. وقد برهن الزمن وتطبيقات هذه النظرية أنه كان على صواب.

إذا كان على الخلية أن تغير الانتفاع من الوقود وتشكيل الطاقة حسب المتطلبات المتقلبة للجسم، فإنّها تحتاج أن تعرف المقدار المتوفر من الوقود والمقدار المطلوب من الطاقة. ولكن كيف لهذه الخلية، المنخفضة الجناح، أن تعرف هذا دون أن يكون لها دماغ خاص بها. ومن سيخبر كل آلة من تريليونات الآلات الجزيئية الدقيقة التي تكوِّن آلافاً من الخطوات الاستقلابية الموزعة بين اثني عشر عضواً مختلفاً عن كل هذه التغيرات؟ إذا بدأت العضلات بالركض، من سيخبر الكبد أن يبدأ بتشكيل المزيد من الغلوكوز؟ إذا أتخمنا أنفسنا من البوظة أَو الجيلاتي من سيخبر العضلات وأنسجة الدسم أن تخزِّن المحروقات الزائدة؟ إن الأعضاء وعدد لا يحصى من آلاتها الجزيئية لا تعرف بالبديهة ما هي حاجات بقية الجسم. إنّها بحاجة إِلى رسول يُعْلِمُها. وتأتي الرسالة عن طريقين رئيسيين: عن طريق الهرمونات في الدم، وعن طريق الإرشادات العصبية التي تطلقها الأعصاب. الهرمونات رسل ماهرة تنسّق استجابة الأعضاء المختلفة وفق حاجات الجسم المتغيرة. ولكن الأعصاب التي تتشعب من

الدماغ، أيضاً تَنْفُذُ إلى كل عضو من الجسم، وعندما تنشأ حاجة تُطلق إشارات عصبية محلية داخل الأعضاء لكي تنظم وظيفتها.

بالرغم من أن وسيلة نقل الرسالة مختلفة بالنسبة للهرمونات (من خلال الدم) والإشارات العصبية (خلال الأَعصاب) إلاَّ أن استقبالها من قبل الخلايا متشابه. ينبغي أن يكون هنالك مِكشاف في مكان ما على سطح الخلية يستطيع أن يميز وجود ذلك الرسول خارج الخلية ويذيع الرسالة إِلى كل الآلات الجزيئية داخلها. يدعى هذا المكشاف باسم «المتقبل»، وربما هنالك آلاف أَو ملايين على سطح خلية واحدة. وما «المتقبل» إلاَّ آلة بروتينية تربط الهرمون أَو الإشارة العصبية. وهذا يجعل «المتقبل» أن يغير شكله وأن يمرر الرسالة خلال غشاء الخلية إِلى الآلية داخل الخلية. وعندما ينشط «المتقبل» بسبب ارتباطه بالهرمون أَو الإشارة العصبية، فعليه أن يشكِّل رسالة ثانية داخل الخلية لتمر من الغشاء إِلى كل الآلات الجزيئية داخلها، والتي ستنفذ الرسالة وذلك بالقيام بما هو مطلوب منها. وَتُعْرفُ هذه الرسالة الثانية في الواقع باسم «الرسول الثاني» ويُسْتَعْمَلُ الكثير من أنواع مختلفة من الجزيء أَو التغيير كرسولٍ ثانٍ. وقد يكون جزيء بسيط كالكالسيوم أَو يشتمل على آلة بروتينية التي تشغل أَو توقف الآلات البروتينية التي هي هدف الرسالة. وقد يكون هدف الرسالة DNA الخاص بالخلية. أما الرسول الثاني فقد يُشَغِّلُ مورثات معينة داخل DNA، مشكِّلاً بروتينات جديدة داخل الخلية تؤدي إِلى أنشطة جديدة. وهكذا قد تمر معلومات الرسالة خلال عدد لا يحصى من

تفاعلات جزيئية، داخل الجسم وخلاياه، عندما تمر من الإشارة إِلى الهدف.

ولكن الخلية ليست كلياً سلبية في استقبال هذه الرسالة. إنها ليست جارية أَو عبدة لرسالة واحدة. إنها تتلقى مئات من الرسائل المختلفة في آن واحد عن طريق هرمونات وإشارات عصبية مختلفة والكثير من الجزيئات ذات الإشارة. ولذلك على الخلية أن تجمع كل هذه المعلومات وتقرِّر ماذا تفعل بالاستناد إِلى بنيتها الوراثية الخاصة بها، والتي تعتمد على نوع الخلية وتاريخها. أما معالجة المعلومات من قبل خلية واحدة فليس مهمةً سهلة. وتصبح هذه المهمة مربكة للغاية عندما نأخذ بعين الاعتبار أن دماغنا وجسمنا يتألفان من بلايين الخلايا. إن نقل ومعالجة المعلومات وظيفة رئيسية للخلية (أما الوظيفتان الأخريان فهما نقل ومعالجة المادة والطاقة). وتكرس الخلية وظيفة كبيرة من آليتها وطاقتها من أجل هذه المهمة الهامة. وقد يرتبط نحو نصف استخدام طاقة الجسم البشري بمعالجة المعلومات مع العلم أنه من الصعب غالباً أن نفك الارتباط بين معالجة المادة والطاقة والمعلومات داخل الجسم.

ومن المهم أن نتذكر التمييز بين الطاقة والمعلومات. إن تدفق الأدرينالين يزيد قدرتنا على توليد واستخدام الطاقة. ولكن الأدرينالين نفسه ليس طاقة ولا يمكنه أن يشكّلها. إن الأدرينالين عبارة عن إشارة، أَو جزء من جريان معلومات بين الأعضاء. كما أنّه يعمل عن طريق المتقبل الخليوي والرسول الثاني على تنظيم جريان الطاقة

خلال الآلية الخليوية. ومع ذلك، نحن معنيون اليوم برفع مستوى طاقتنا. ومن أجل ذلك، نعتبر الأدرينالين فعالاً كفعالية الطعام والأوكسجين، بل أكثر فعالية. وإذاً، ليس الأدرينالين (والكثير من الهرمونات والعقاقير الأُخرى) إلاَّ مُنَظِّمات للطاقة دون أن تزوّد نفسها بشيء منها.

يَسكن مستوى آخر من التنظيم داخلَ الدماغ نفسه ويعمل من خلال الأَعصاب والهرمونات ويعتمد عملُ العضلاتِ أساساً على الدماغ الذي يرسل رسالة إِلى الأَعصاب ليخبر العضلة أن تبدأ أَو توقف التقلّص وشدة هذا التقلّص. وأحياناً ينشأ التعب عن عضلات لا تعمل بجهدٍ كافٍ، وأحياناً عن أَعصاب لا تعمل بسرعة كافية، وأحياناً عن الدماغ نفسه المصاب بالتعب والإرهاق (ويسمى التعب المركزي). وقد يكون للجسم مقدار كبير من الطاقة والقدرة على القيام بالعمل. ولكن إذا كان الدماغ متعباً أَو نائماً أَو ينقصه الدافع الكافي ليقوم بالعمل فقد لا يحدث هذا العمل. يستطيع الدماغ أن يُنَظِّمَ بعض الأشياء مباشرة بواسطة الأَعصاب وأشياء أُخرى بصورة غير مباشرة، وذلك عن طريق تحريض إطلاق هرمونات الأدرينالين. وتقع الأَعصاب التي تذهب إِلى العضلات تحت مراقبتك الواعية. وتُنَظِّمُ الأَعصاب الأُخرى (وهي جزء من الجهاز العصبي اللاإرادي) الذاهبة إِلى بقية الجسم من قبل دماغك اللاواعي. وتستطيع هذه الأَعصاب التي تُنَظَّم من قبل الدماغ العاطفي أن تُسرِّع أَو تبطئ بعض العمليات في الجسم كالهضم وخفقان القلب، كما تستطيع أن تسبِّب

إطلاق الأدرينالين أَو الهرمونات الأُخرى. وهنالك، على كل حال، الكثير من العمليات الهامّة في الجسم كالنمو مثلاً التي قليلاً ما يؤثِّر عليها الدماغ، وهنالك عمليات أخرى ليس للدماغ عليها سلطان.

وإذاً هنالك عدة عوامل مختلفة تقيد تشكيل الطاقة في شروط مختلفة. وتُنَظَّمُ كل العملية من قبل الهرمونات والدماغ وآلية خليوية معقّدة. ولكن كيف يؤثِّر هذا على حياتنا؟ لكي نزيد مستوى طاقتنا من المهم أن نعرف ماذا يقيد ذلك المستوى في ظروفنا المحدّدة، لأن معظم العمليات المشتركة لا تقيد شيئاً في الواقع، ولذلك فإن معظم العقاقير والفيتامينات والجرعات الداعمة والعلاجات سيكون لها حَدٌ أدنى من التأثير. إذا كنا مصابين بالاكتئاب أَو الإرهاق فإن تناول الغلوكوز أَو أي جرعة داعمة لن يحل المشكلة لأن الغلوكوز لا يقيد بصورة طبيعية مستوى طاقتنا. وعلى نحو مشابه، إذا أردنا أن نُحَسِّن أداءنا الرياضي، فعلينا أن نعرف ما يقيد أداءنا. فإذا كنا في حالة مرض أَو تعب فإن مجموعة جديدة من العوامل قد تغيّر أنشطتنا. وينبغي علينا أن نعرف ما هي تلك العوامل وكيف يمكن التحكّم بها قبل البدء بعلاجها؟!

الأدرينالين والتوتر

فجأة تستيقظ وسط الليل! أنت وحدك في سريرك والظلام حالك، ويبدو أن شخصاً يحاول الدخول عنوة إِلى دارك. هل هو لص يدخل خلسة إِلى غرفة نومك؟ لقد أصابك الشلل ووقعت في الفخ:

لقد تجمدت وفقدت الحركة. قلبك يتسارع والدم يتلاشى من جلدك وجوفك ليغذي عضلاتك المتوترة من أجل الهرب. وينطلق عقلك من أجل أي احتمال لسرعة خطرة إِلى أبعد الحدود. أهذا حلم؟ وينبثق النور، إنه بابا نويل يقف عند نهاية سريرك. ثم تتذكّر فجأة أنك السيدة نويل. وترتخي خيوط عضلاتك، ربما كان ذلك حلماً.

كيف يمكن لفكرة أَو عاطفة أن يكون لها الأثر العميق على أجسامنا؟ يزداد مثلاً معدل قلب الرياضيين قبل بدء السباق إِلى أكثر من الضعف، من 76 نبضة إِلى 148 نبضة في الدقيقة، وذلك عندما تصدر الأوامر بالإنطلاق ولكن قبل أن يبدأ السباق. وسبب هذا التغير في وظيفة الجسم هو فكرة، أي الاعتقاد أن السباق أصبح وشيكاً. ولكن كيف يمكن أن يحدث هذا؟

يُعرف رد الفعل لموقف كثير المطالب أَو لموقف مرعب باسم «الكر أَو الفر»، وهي عبارة صاغها الفزيولوجي الأمريكي وولتر كانون Walter Cannon في العشرينيات من القرن العشرين. كان كانون يدرس عملية الهضم في الأنبوب الهضمي للحيوانات، واستَخْدَم أشعة إكس، التي اكتشفت حديثاً في ذلك الوقت، لكي ينظر داخل الجسم الحي ويشاهد العملية كما كانت تحدث. وقد لاحظ أن أي توتر كان يؤدي إِلى توقف الهضم فجأة. وقد دُهش بالذي حدث وكيف ولماذا حدَث! وقد لاحظ أن الخوف أَو الخطر كان يسبِّب مجموعة شاملة من الردود خلال الجسم بما في ذلك الأنبوب الهضمي والقلب والعضلات والجلد. وكانت جميع الردود الجسمية تُنَظَّمُ، كما

اكتشفوا، من قبل جهاز شامل من الأَعصاب والرسل: الجهاز العصبي الودي الذي كان يشكل نورأدرينالين والأدرينالين. وكان رد الفعل القائم على «الكر أَو الفر» يُحَضِّر الجسم لموقف مثير ويحتاج صرف طاقة كبيرة. وقال كانون إن للحيوانات طريقتين أساسيتين تعالج بهما الأخطار: إما المواجهة أَو الفرار. فالأرنب يعتمد على قدرته في الهرب، أما الأسد فيعتمد في الواقع على قدرته أن يبقى حياً للحصول على الطعام. وسواء نهاجم أَو ننسحب، يحتاج جسمنا مقداراً كبيراً من الطاقة الإضافية وكذلك إلى ضرورة توزيع الطعام من الأنبوب الهضمي والجلد والأعضاء الأُخرى إلى الدماغ والعضلات المطلوبة للعمل. ويطلق إنذار الخطر إذا كان هنالك تهديداً أَو ضرورة حسب تقدير الدماغ. أما بالنسبة للبشر، فقد توسع نوع التهديد الذي ينبّه الاستجابة ليشمل التوتر النفسي والاجتماعي. ولا يحدث التنبيه فقط بحالات الطوارئ، ترتفع مستويات الأدرينالين وتنخفض خلال النهار استجابة لمواقفنا وأفكارنا ومشاعرنا. فمثلاً، موقف معتدل التوتر كالخطابة يضاعف مستوى الأدرينالين في الدم، بينما يُمْكن للضحك، وهو نقيض التوتر، أن يخفض مستوى الأدرينالين الطبيعي. ولكن، لقد صمم هذا النظام ليلبي حاجات الحالات قصيرة الأمد التي تحتاج الكثير من الطاقة. وقد اكتُشِف فيما بعد أن التحريض المزمن كان يؤدي إلى آثار مضاعفة على الجسم. وتدعى هذه الاستجابة الطويلة الأمد للمواقف المثيرة باسم «التوتر».

إن الجهاز العصبي الودي عبارة عن شبكة من الأَعصاب تُرْسِلُ،

في الواقع، الرسائل من قاعدة الدماغ إِلى جميع أقسام الجسم. وهنالك شبكة موازية من الأَعصاب تُعرف باسم الجهاز العصبي نظير الودي، ولكن لها الأثر المضاد. وينشط الجهاز في نهاية الاستجابة لعملية الكر أَو الفر ويؤدي إِلى إبطالها أَو نقيضها. ويُعْرف الجهازان معاً (وهما سببا طاقة الجسم) باسم «الجهاز العصبي اللاإرادي» ANS. إن الجهاز الودي هو جهاز إنذار للجسم، فعندما يكتشف الدماغ موقفاً مُهَدِّداً، يرسل رسالة من هذا الجهاز إِلى جميع أقسام الجسم يخبرها أن تستعد للعمل. وتسارع النبضات العصبية التي تنشأ عن الدماغ خلال أَعصاب دقيقة تتفرع إِلى أبعد الأجزاء المنعزلة من الجسم. وعند نهاية هذه الأَعصاب يُطْلَقُ الجزيء الرسول: وهو نورأدرينالين. إن نورأدرينالين وأدرينالين هما رسولا الإنذار للجسم والدماغ. ومعاً يخبران الجسم أن يتهيأ من أجل نشاط جسماني شاق، بينما يُنَبِّهُ نورأدرينالين الدماغَ ليستعد من أجل نشاط عقلي شديد. وسوف نرى في الفصول التالية أن هاتين المادتين يمكن أن تكونا المنذرتين عن وجود إثارة وخوف. إن النورأدرينالين والأدرينالين هما المفتاحان لإطلاق طاقة الجسم والعقل. وبصورة طبيعية. إن معظم طاقة الجسم تُحْجَزُ خوفاً من الهدر، ولكن عندما يكتشف الدماغ ضرورة فإنه ينشط الجهاز العصبي الودي ويستخدم مفتاحيه، نورأدرينالين وأدرينالين، لفتح خزائن الطاقة.

ولكن كيف يتحقّق كل هذا؟ من أولى الأعمال التي يقوم بها الجهاز العصبي الودي هو تحريض غدة الكظر الواقعة فوق الكليتين،

وهذا يجعل الغدة تطلق الأدرينالين في الدم الذي يدور في أنحاء الجسم. إن نورأدرينالين وأدرينالين جزيئان متشابهان، ولهما الآثار نفسها على الجسم. ولكن هنالك اختلافاً واحداً كبيراً وهو أن نورأدرينالين يُطْلَقُ محلياً وبسرعة، كما أنّه يُنْزَعُ بسرعة بعد أن يتلقّى النسيج الرسالة. بينما يُطْلَقُ الأدرينالين بصورة أبطأ، ويدور في أنحاء الجسم ويُنْزَعُ بصورة أبطأ، ولذلك فإن عمله يدوم أكثر. ويصنف النورأدرينالين كإشارة عصبية ويصنف الأدرينالين كهرمون. إلاَّ أن لهما العمل نفسه. كلاهما يخبران القلب أن يضخ على نحو أسرع وبجهد أكبر، وكلاهما يعملان في الأوعية الدموية ليوجها الدم ثانية من الجلد والأنبوب الهضمي إلى العضلات والدماغ، ويخبران الكبد ليطلق الغلوكوز وخزائن الدسم لتطلق الدسم والعضلات لتملأ خزائن الطاقة وتستعد للتقلّص.

سوف نلاحظ آثاراً فزيولوجية كثيرة بسبب إطلاق النورأدرينالين والأدرينالين ونتيجة الاهتياج أَو الخوف أَو الجنس أَو التوتر أَو نقص السكر. القلب يخفق على نحو أسرع وبمجهود أكبر (استعداداً للنشاط). الجلد يصفر ويبرد ويتعرّق (بسبب ابتعاد الدم عن الجلد ويزداد التعرّق للمحافظة على برودة معتدلة أثناء نشاط محتمل). وهكذا، قد يبدو الشخص الخائف أبيض اللون، وقد ينتابه عرق بارد وقد تبرد قدماه. أما العضلات فتصبح مشدودة (نتيجة الانقطاع عن الحركة) وتبدأ بالارتعاش (بسبب التحسّس الزائد تجاه التقلّص). هنالك «فراشات» في المعدة والأنبوب الهضمي (بسبب تحول الدم

وارتخاء عضلات الأنبوب الهضمي الذي يمكن أن يؤدي إِلى إخراج محتوياته بصورة فوضوية وغير نظيفة). وتوقف الهضم يوفر دماً وطاقة للعضلات ولكن ينبغي التوقف عن تناول الطعام. وَتُكْبَحُ الشهية (يختفي الجوع عندما نكون في حالة اهتياج أَو خوف). ويتوقف منعكس البلع (من الصعب ابتلاع الطعام) ويتوقف تشكيل اللعاب (نصاب بجفاف الحلق). وترتخي المثانة، وينشأ عن ذلك الحاجة للتبول، وهو أمر مزعج في حال الاهتياج ومحرج في حالة الخوف الشديد. وربما نشأ تفريغ الأمعاء والمثانة ليساعد على الهرب وذلك بتخفيف سريع للوزن. وتتنفس الرئتان بصورة أعمق وأسرع (ليدخل المزيد من الأوكسجين إِلى الجسم). ويتسارع العقل (ليسرِّع التفكير) ويصبح أكثر حساسية («متقلّب» أَو «عصبي») تجاه المنبه الخارجي (لكي يكتشف التهديد).

إنها فكرة مألوفة التي تقول إن العقل السليم الواعي يستطيع أن ينظم الجسم من خلال الأَعصاب الحركية التي تؤثِّر على العضلات. ولكنها فكرة مفاجئة نوعاً ما أن نعلم أن الدماغ يستطيع كذلك أن ينظم وظائف بقية الجسم كالقلب والكبد والأنبوب الهضمي والجلد والدم وجهاز المناعة وذلك من خلال الجهاز العصبي الودي. ومن جهة أُخرى لا يُنَظَّمُ هذا الجهاز من قبل العقل الواعي، ولكن من خلال العواطف. إنها تشكّل مركز المراقبة البديل داخل الدماغ وتُنَظِّمُ وظائفَ الجسم. ويستطيع الناس، على كل حال، أن يتدرّبوا من أجل التحكّم بالجهاز العصبي اللاإرادي مستخدمين بصورة واعية أساليب

مثل التغذية الاسترجاعية البيولوجية أَو رياضة اليوغا. وقد تساعد هذه الأساليب على ضبط كل من التوتر والاسترخاء.

التوتر، كما يبدو، نتيجة حتمية للحياة. وله أثر عميق على مستويات الطاقة. وَتُخِلُّ أنواع كثيرة من أسباب التوتر الجسمانية والنفسية بتوازن الجسم والعقل مسبِّبة استجابة توتر عام. والتوتر كفكرة ابتدعها العالم الكندي هانز سيليي Selye في الثلاثينيات والأربعينيات من القرن العشرين. وقد وَجَدَ أن بعض التحديات التي تواجه توازن الحيوان كالبرد أَو الحرارة أَو المرض أَو السموم أَو الصدمة، إذا طال أمدها، تشكِّل دائماً الاستجابة نفسها. وقد اشتملت على نقص في حجم الغدة الصعترية وأعضاء أجهزة المناعة الأُخرى وقرحة في المعدة والأنبوب الهضمي وتضخّم في الغدة الكظرية. وقال سيليي إنه يوجد استجابة عامة للكثير من أنواع التوتر. وتعمل استجابة التوتر هذه على الدفاع عن الجسم. إِلاَّ أن التوتر المزمن ضار ويسبِّب بداية مرض ما. وتعالج استجابة التوتر على نحو ما عن طريق الأدرينالين والجهاز العصبي الودي، شأنها شأن استجابة «الكر أَو الفر». أما الآثار الضارة للتوتر فتنشأ عن آثار طويلة الأمد لإثارة مزمنة لهذا الجهاز، إضافة إِلى أعمال جهاز توتر منفصل يُعْرفُ باسم اتحاد HPA (الهابوتلامس ـ الغدة النخامية ـ الغدة الكظرية) وكورتيزول، الهرمون.

لقد قسَّمَ سيليي استجابة التوتر إِلى ثلاث مراحل: الخوف، والمقاومة، والإرهاق. أما مرحلة الخوف فتشبه استجابة الكر أَو

الفر. وينشأ الخوف عن تهديد خارجي أَو داخلي للحالة الطبيعية للجسم أَو العقل. وعادة ما يُعالجُ الموقفُ ويُزال التهديد. وهكذا يمكن إبطال جميع التغيرات التي سبَّبتها الاستجابة وذلك بواسطة الجهاز العصبي نظير الودي. ولكن إذا استمر التهديد وأصبح منبهاً مزمناً، فإن الجسم يقوم بعدد من التغيرات للتكيّف مع الظروف ـ وقد سمّى سيليي هذه التغيرات باسم «المقاومة». وأخيراً، إذا لم يتراجع التهديد بعد أسابيع أَو أشهر أَو حتى سنوات فإن الجسم يدخل مرحلة الإرهاق، وذلك عندمات تُخْفِقُ أجهزة الجسم المتنوعة. ويسبب الإرهاق أمراضاً تتميز بعلاقتها بالتوتر، وموتاً محتملاً. أما التهديد الذي يُولِّدُ الاستجابة فقد يكون بدنياً كما هو الحال في التمرين والبرد والإصابة، أَو قد يكون نفسياً، كالفشل في علاقة طويلة الأمد. وينَبَّهُ الجهاز العصبي الودي، ويُطْلَقُ النورأدرينالين والأدرينالين وتحدث كل الاستجابات الفزيولوجية التي ذكرناها. إضافة لذلك، يُطلَقُ هرمون آخر يسمى كورتيزول بواسطة الغدة الكظرية. إن الكورتيزول عبارة عن هرمون حيوي يعالج التوتر ويكمل عمل النورأدرينالين والأدرينالين وذلك برفع مستوى تشكّلهما أَو بجعل الجسم أكثر حساسية تجاه هذه الهرمونات (محرِّضاً الخلايا لتكوين «المتقبل» الذي يكتشف النورأدرينالين والأدرينالين) يحرض الكورتيزول الكبد ليشكِّل الغلوكوز ويحرِّض النسيج الدهني ليطلق الدسم، مطلقاً بذلك الطاقة ليستخدمها الجسم. ويؤثِّر الكورتيزول على الدماغ ليحسِّن الذاكرة ويزيد الحساسية تجاه المعلومات الواردة من الحواس. يستطيع

الكورتيزول كذلك أن يضبط جهاز المناعة والإلتهاب، ومن أجل ذلك يستخدمه الأطباء. ومن أجل ذلك تقريباً، على كل حال، يستطيع التوتر المزمن أن يخفِّض مقاومتك للعدوى والمرض. ويؤدي التوتر المستمر إلى مستويات عالية ومستمرة من الكورتيزول، مثبطاً بذلك جهاز المناعة وبالتالي يجعلك سريع التأثّر بالعدوى العرضية.

هنالك هرمون آخر مشترك في عملية استجابة التوتر وهو بيتا ـ إندورفين الذي يُطلق داخل الدماغ ويعمل عمل الأفيون والمورفين، يُنعِشُ المزاج ويكبح الألم. وقد يكون هذا مصدر «مهرب المخدرات المترف»، وغالباً ما يكون السبب الذي من أجله يمكن للإثارة أن تكون ممتعة. إن النورأدرينالين والأدرينالين، الكورتيزول وبيتا ـ إندورفين معاً تنسِّق استجابة التوتر.

في الاستخدام الشائع بين الناس لكلمة توتر؛ مفهوم سلبي. ولكن سيليي استخدمها بمعنى محايد يقصد بها أي موقف فيه تحدٍ واستجابتنا لهذا الموقف. ولذلك يمكن أن تكون كلمة «توتر» جيدة «توتر سليم»، أَو سيئة «توتر مؤلم»، ويمكن أن يرافق التوتر عواطف إيجابية كالطرب والفرح أَو عواطف سلبية كالقلق والخوف والغضب كما يظهر في استجابة «الكر أَو الفر». أما نوع العاطفة التي تتولّد فهذا يعتمد بصورة كبيرة على فيما إذا كان الشخص المشترك يرى الموقف كموقف يمكن السيطرة عليه والتنبؤ به أم موقف خارج عن السيطرة ولا يمكن التنبؤ به. فأثناء ركوب عربة لعبة الأُفعوان في مدينة الملاهي، يمكن للعواطف أن تتبدّل حسب الموقف الذي يمكن

السيطرة عليه أَو التنبؤ به. ومنذ وقت قريب، صُنِّفَ التوتر كرد فعل للدفاع أَو الهزيمة. يحدث رد فعل الدفاع عندما يعتقد الشخص أن بإمكانه السيطرة على الموقف أَو عندما يسعى الشخص لاستعادة زمام الأمور (كالهروب من نمر مثلاً)، ومن جهة أُخرى يحدث رد فعل الهزيمة عندما يخرج الأمر من يد الشخص، ولكن النتيجة لا تزال مجهولة (كوقوعك في فخ أَو زاوية حرجة من قبل النمر). ونقول ثانية، تختلف الإستجابات العاطفية والنفسية في مثل هذه المواقف. فالعواطف السلبية المحزنة أثناء التوتر تسبِّب مستويات عالية من الكورتيزول، بينما يسبِّب التوتر المترافق بعواطف إيجابية قليلاً من التغير في مستوى الكورتيزول أَو لا يُغيّر شيئاً منه. وبما أن الكورتيزول يكبح المناعة، لذلك يمكن لمزاج دائم السلبية أن يصيب صاحبه بعدوى أَو مرض.

في الفصل التالي، سوف نرى السُّبل الكثيرة الأُخرى التي يتفاعل بها الجسم والعقل.

ليس التوتر نبأً سيئاً ـ على المدى القصير ـ، سواء كان على شكل إثارة أَو قلق أَو تحدٍ. التوتر يمكن أن يكون أمراً جيداً. إن زيادة الأدرينالين والنورأدرينالين يرفع مستوى طاقتنا ويُحسِّن أداءنا البدني والعقلي. ولذلك، إذا أخفقنا في الحصول على إثارة أَو تحد أَو توتر في موقف صعب، فإن أداءنا لا يكون حسناً. وهنالك من وجد بين الذين يدخلون الامتحانات، أن الطلاّب الذين يظهر لديهم زيادة في مستوى الأدرينالين يحصلون على أحسن النتائج. ووجدوا

بين المظليين المتدربين في النرويج أن أولئك الذين يصيبهم أعلى زيادة من الأدرينالين والنورأدرينالين عندما قاموا بالتدريب على القفز أيضاً كان أداؤهم الأفضل عندما قفزوا من الطائرة وكذلك في الامتحانات الكتابية. وكما قال نيتشيه: «صدقني. إن سر جني أعظم الثمار وأعظم المتع من الحياة أن تعيش في خطر».

الفصل 10

الطاقة العقلية

ما هي الطاقة العقلية يا ترى؟ يبدو وكأنها فكرة حساسة ودقيقة وغريبة. هل يمكن لمفهوم كهذا أن يبقى في القرن الحادي والعشرين الذي لا يُخدع بسهولة والمفرط في التكنولوجيا؟ ومهما يكن من أمر، إن الصفات الضرورية المطلوبة للنجاح في العمل والحياة هي الدافع، والجرأة، والحافز، والدينامية، والطموح، والحيوية، والثقة، والقدرة على التركيز، والعمل بلا توقف، والتفكير على نحو سريع ومترابط منطقياً؛ وباختصار «الطاقة». كل الوكالات التي تحتاج أدمغة تبحث عن هذه الصفة المحيرة للطاقة داخل الرؤوس التي تحتاجها وذلك لتنشيط شركة أَو مشروع. ويبحث الجميع حولنا عن تلك الحيوية في الأصدقاء والمحبين «لتحقيق أمر ما». أضف إِلى ذلك، أن الناس جميعاً يبحثون عن تلك الطاقة الخاصة في أنفسهم، ولذلك أدمجوا في النفس الدافع والحافز والقدرة للنهوض وتحقيق شيء ما، والمثابرة والقدرة على الاحتمال، والتصميم لإنجاز المهام التي

نحتاجها، والشجاعة والإرادة لتغيير الاتجاه والخروج من الروتين القديم، عند الضرورة. ربما نعرف كيف نقوم بأمرٍ ما، ولكن الأمر لن يتحقَّق بدون إرادة وطاقة. وبدون طاقة عقلية، ليس هنالك متعة أو إثارة أَو حماس. التعب العقلي كلمة اخترعت حديثاً. الاكتئاب والإرهاق العقلي ينتشران كما يبدو في مجتمعنا. إننا محاطون بأناس يصرخون ويطالبون بمزيد من الطاقة العقلية. ولكن هل يبدو هذا المفهوم منطقياً في ضوء معطيات العلم الحديث عن الدماغ؟ وإذا كان كذلك، كيف لنا أن نستخدم هذه المعرفة الجديدة من أجل بحثنا عن الطاقة؟

نشأة الطاقة العقلية

تبدو الفجوة الفكرية بين العقل والجسم أقدم من التاريخ. وقد نشأت من التمييز بين الروح التي بقيت بعد الموت والجسم المادي الذي لم يبق. وبما أن التاريخ تطور على طول طريق غير مستقرة، كسبت الروح صفة غير مادية وتراجعت في الدماغ. وشجع تفوق التفسير الميكانيكي في العلم أنصاره أن يهاجموا الدماغ نفسه، محاولين إخلاء أرواح العقل من قلعة الجسم. وقَدَّم مَوْلِدُ فكرة الطاقة في منتصف القرن العشرين فرصة للمصالحة بين عدة أفكار حول المادة الميتة والروح الحيوية. وكان من المحتم أن مفهوم الطاقة هذا سَيُطبَّق سريعاً على العقل نفسه، بعد أن نجح في مجال الفيزياء والبيولوجيا.

لقد نشأ المفهوم الحديث عن الطاقة العقلية على أيدي سيغموند

فرويد Freud عند نهاية القرن التاسع عشر. ولذلك تبدأ قصتنا عن الطاقة العقلية على نحو مناسب بمتابعة سيرة فرويد. في نهاية القرن، كانت مدينة ڤيينا مسرحاً أُعِدَّ من أجل نضال علمي ملحمي، وقد توفرت كل العناصر الضرورية لقنبلة شديدة الانفجار: الجنس، والطموح، والعقاقير، والصداقة البغيضة، ومأساة تحولت إلى انتصار. أما أبطال روايتنا الثلاثة فهم طبيب شاب طموح، سيغموند فرويد Freud (1856 ـ 1939)، وصديقه الأكبر سناً والأكثر حذراً جوزيف برورر Breuer (1842 ـ 1925). إضافة إلى الشابة الغامضة الجميلة الآنسة آنا أوو Anna O. والكيمياء التي كانت تجمع بين هؤلاء الثلاثة كوَّنت علماً جديداً كاملاً (أَو فناً)، وهو التحليل النفسي، وهو البعد الجديد بالنسبة للعقل ـ أي العقل الواعي، وشكلين جديدين للطاقة: الطاقة العقلية، والطاقة الجنسية.

بدأ فرويد حياته كطبيب أمراض عصبية، دارساً التركيب البنيوي للجهاز العصبي، متتلمذاً على يدي الفزيولوجي الألماني العظيم إرنست بروك Brücke. أسَّس بروك (مع هيرمان هيلمهولتز) مدرسة برلين للفزيولوجيا. وسَعَتْ حركتهما لطرد القوة الحيوية من البيولوجيا واستبدالها بعلم جَبْري بُنِي كلياً على القوى الفيزيائية والكيميائية المعروفة. وهيلمهولتز نفسه كان بين الذين أسَّسوا فكرة الطاقة واستخدم مفاهيم وأساليب الفيزياء لدراسة الجهاز العصبي والإدراك الحسي. لقد كان أول من قاس سرعة الإشارة بواسطة الأَعصاب وذلك في الضفادع والبشر. ووجد أن النقل العصبي كان بطيئاً نوعاً ما

(أقرب إِلى سرعة الصوت منه إِلى سرعة الضوء). وقد أدَّت نتيجة بحثه هذه إِلى ترويع العلماء بصورة مفاجئة. وكان يعني هذا أن الدماغ نفسه كان بطيئاً وأن العالم، كما ندركه في العقل، يُؤَخَّرُ وهو موصول بالعالم الخارجي الواقعي. وهكذا، اعتقد هيلمهولتز أن العالم كما ندركه يُشَيَّدُ من قبل العقل. ونحن نبدأ بمعطيات حسية أولية تزودنا بها العيون والآذان والجلد ومن ثم تصاغ بصيغة إدراكية حسية باستخدام «الاستنباط اللاواعي» الذي يُغذى من قبل الدماغ. ولذلك فإن معظم العمل المجهد الذي يقوم به الدماغ عمل غير واعٍ وليس مفتوحاً للمعاينة. لقد تدرب فرويد في هذه المدرسة الصارمةً للفكر البيولوجي المبني على المادية الطبيعية الشديدة. ومع أن أفكاره فيما بعد بُنِيَتْ على مفاهيم نفسية ليس من السهل تفسيرها بلغة الآلية الدماغية، فقد كان يعتقد فرويد دائماً أن مفاهيم التحليل النفسي يجب أن تستبدل في النهاية بالتعليل الفزيولوجي وبلغة شبكات الإثارة العصبية في الدماغ.

وتخلّى فرويد عن الأبحاث النفسية وأخضَعَ نفسه للتدريب الطبي في المستشفى العام في ڤيينا ثم انهمك بمزاولة خاصة تنحصر في معالجة الهيستريا. وكانت الهيستريا عبارة عن اضطرابٍ نفسي يثير الفضول، وغير موجودة الآن بصورة عامة، ولكن كانت منتشرة في مدينة ڤيينا عند نهاية القرن. وقديماً، كانت الهيستريا في الواقع تُشَخَّص في النساء المصابات بالعصاب. ونسبها أبقراط إِلى الرحم (وتعني هستريا باللغة الإغريقية) الذي كان يتحرَّك إِلى الأجزاء الأُخرى

من الجسم. فمثلاً، كان يُعْتَقد أو الأعراض الهيسترية لحنجرة منقبضة تنشأ عن رحم انحشر في الحنجرة. وفيما بعد، عندما اكتُشِف أن نظرية الرحم المتجول كانت نظرية غير ممكنة تشريحياً، قال البعض إن النساء المهسترات يُصَبْن «بنوبة من الأبخرة»، وقد اعْتُقِد أنها أبخرة ضارة تصدر عن الرحم وتؤثِّر على الدماغ. ولا يفاجئنا أن نعلم، أن الهيستريا، في الدوائر العلمية في ڤيينا، التي كانت تحت تأثير مدرسة هيلمهولتز للطب، لم تُعْتَبَرْ كموضوع علمي مناسب للدراسة. وعلى كل حال، ذهب فرويد إلى باريس ليدرس مع تشاركوت، الطبيب اللامع للأمراض العصبية، الذي جعل من دراسة الهيستريا واستخدام التنويم المغناطيسي مسألة سائدة ومقبولة علمياً تقريباً.

استخدم فرويد أحدث البدع الطبية كالتدليك والمعالجة بالماء والمعالجة بالكهرباء، ولكنها كانت جميعاً ذات فائدة ضئيلة في معالجة الهيستريا. إن المعالجة بالماء معالجة طبية تقوم على استخدام موضعي خارجي وداخلي للماء، وكانت قد نشأت قديماً في بلاد الإغريق وروما، وكانت سائدة بصورة خاصة في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر عندما ظهرت ينابيع المياه المعدنية. استخدم داروين المعالجة المائية بصورة واسعة لمعالجة نزعته نحو «الإثارة والتعب» الذي ترافق بالقيء والرعشة والاكتئاب وبقع فوق العين. وأنشأ حماماً عمومياً حيث كان يُعَرِّضُ نفسه للبخار حتى يصل لدرجة التعرّق ثم يأخذ «حماماً» من الماء البارد، ثم كان يُتْبِعُ ذلك حماماً بارداً في الحديقة، ثم يُفرك نفسه بفوطة مبلَّلة باردة حتى يصبح جلده أحمرَ

دامياً. بكل تأكيد، لقد اعتقد داروين أن هذا الترتيب المتطرف كان ضرورياً للمحافظة على مستويات طاقته. إن المعالجة المائية غير منتشرة من أجل أغراض طبية. ولكن ما يزال يَستخدم الكثير من الناس «الحمام» الساخن والبارد، والاستحمام بالماء الساخن والبارد، السباحة والساونا لرفع معنوياتهم وتعزيز طاقتهم. أما لماذا يكون علاج كهذا علاجاً فعَّالاً، فأمر غير معروف. إلاَّ أن الهبوط الحاد في حرارة الجسم عند الانتقال من الماء الساخن إلى البارد يُطْلِقُ الأدرينالين وينبّه الجهاز العصبي الودي، وهما المنظِّمان الرئيسيان لطاقة الجسم والعقل.

حاول فرويد كذلك استخدام المعالجة بالكهرباء مع مرضاه الأوائل. كانت الكهرباء علاجاً شائعاً في الثمانينيات والتسعينيات من القرن التاسع عشر لجميع أنواع الأوجاع البدنية والعقلية. ولكن نشأتها قديمة قِدَم نشأة المعالجة بالماء. فالصدمة التي يسبِّبها السمك الرعاد الكهربائي كانت معروفة لأبقراط. وفيما بعد استخدم أطباء الإغريق السمك الرعاد الكهربائي على الأجزاء المصابة من الجسم. وكان هذا العلاج فعّالاً على وجه الخصوص لمعالجة الصداع. وفي القرن الثامن عشر، طرائق ڤولتا Volta لتوليد وتخزين الكهرباء، مَكَّنَتْ البعض من استخدامها على المرْضىٰ إما في شكلها الساكن أَو كصدمة. وهنالك من ادعى أن الكهرباء دواء لكل الأوجاع. وفي سنة 1729، عالج جون بيرتش، الجرّاح في لندن أحد مستخدمي المستشفى الذي كان يعاني من السوداوية، وذلك بست صدمات

صغيرة خلال دماغه في ظرف ثلاثة أيام متتالية. واسترد المستخدم معنوياته وعاد إِلى عمله وبقي بخير بضع سنوات. وهكذا وُلِدَ شيء يسمى ECT (علاج التشنج بالكهرباء)، علماً أن العلاج لم يستخدم حتى أواخر الثلاثينيات من القرن العشرين. ولا يزال يُستخدم اليوم كدواء للاكتئاب الشديد، علماً أن أحداً لا يعرف كيف يتحقَّق ذلك.

فرويد نفسه لم يكن بصحة جيدة. كان يعاني بصورة مزمنة من التعب و العصبية والاكتئاب وأعراض جسدية ونفسية أُخرى، كالإسهال مثلاً. في أواخر القرن التاسع عشر دُعِيَتْ هذه المجموعة من الشكاوى باسم «النهك العصبي». وكان من أكثر الأمراض النفسية أَو العقلية انتشاراً. وتعني هنا كلمة النهك باللغة الإغريقية الضعف والكسل. وتعني هنا كلمة عصبي الضعف المزمن أَو الكسل المزمن. ولهما منشأ عصبي نفسي. أما الاسم والتشخيص فقد استنبطهما جورج بيرد Bird في الستينيات من القرن التاسع عشر الذي اعتبر النهك العصبي عبارة عن تعب عصبي سببه ضغوط الحضارة المعاصرة. لقد أدَّى الاكتشاف الحديث للطاقة في الفيزياء والبيولوجيا إِلى مفاهيم جديدة عن التعب الجسدي والعقلي، والتي بسرعة أصبحت الهاجس في أواخر القرن التاسع عشر. أما العلاج الذي كان يُنصح به فكان غالباً الراحة في السرير والانعزال عن الناس. وهكذا جُعِلَتْ النساء الرقيقات المصابات بأعصابهن حبيسات غرف نومهن المظلمة.

لا يزال يُستخدم تشخيص «النهك العصبي» أحياناً من أجل الكآبة العصبية المعتدلة، ولكن غالباً ما يحل محله «أعراض التعب المزمن»

أَو ME. ووجد فرويد أن الكوكائين يخفِّف من أعراض النهك العصبي الخاص به. وأوصى به كعلاج مختار من أجل النهك العصبي. ويمكن للكوكائين (والإمفيتامين) أن يخفِّفا فعلاً من أعراض الاكتئاب والتعب. ولكن يحتاج العلاج على المدى الطويل جرعة أكبر. أما التوقف عن تناول هذا العقار فيسبِّب كآبة أكثر عمقاً. وقد أدَّى تأييد فرويد القوي لاستعمال الكوكائين إِلى انتشار استعماله. وبالتالي، كان يسبِّب له اعتماده على الكوكائين حرجاً حاداً.

استخدم فرويد كذلك التنويم المغناطيسي، وهي طريقة تعود إِلى فرانز ميسمر Franz Mesmer، الطبيب المولع بالجدل من مدينة ڤيينا (1734 ـ 1815) الذي أوحى اسمُه بعبارة «ميسمرية». استخدم ميسمر نوعاً من التنويم المغناطيسي أَو الإيحاء في معالجة مرضاه. ولكنه نسب قدراته إِلى قوة روحية/ طبيعية غير معروفة حتى الآن هي «المغناطيسية الحيوانية» ووصف هذه القوة أَو السائل بأنّه يتخلّل الكون، وقال إن الجهاز العصبي البشري ينسجم مع هذه القوة، ولكن سوء الانسجام في المغناطيسية الحيوانية داخل الجسم قد يسبِّب أمراضاً عصبية. وعالج ميسمر مرضاه بتوجيه مباشر للمغناطيسية الحيوانية من خلال جسمه الخاص به إِلى الجزء المصاب من المريض مع بسط اليدين، ومن ثم وبطريقة غير مباشرة، مغنطة قضبان حديدية أَو أجسام أُخرى، وذلك بلمسه لهذه القضبان، ومن ثم يستعمل المريض هذه الأشياء لكي تتمغنط. وفي باريس، كان علاج ميسمر شائعاً جداً وخاصة مع النساء. وقد عولج المرْضىٰ على شكل جماعة، يجلسون حول برميل كبير مملوء بالماء وبرادة الحديد. وينتأ من

البرميل قضبان حديدية. أما ميسمر فكان يرتدي ثياباً تشبه ثياب السحرة ويمغنط مرضاه بمصاحبة الموسيقى الهادئة. وهكذا نجد أن هنالك تماثلاً لافتاً للنظر مع كل من طريقة بسط الأيدي المعاصر من قبل المعالجين الروحيين (كما هو الحال في العلم النصراني)، واستخدام «الطاقة الروحية من قبل الجيل الجديد، المقصور على معالجة فئة قليلة.

أَدَّت درجة نجاح ميسمر إِلى اضطراب بين الأطباء والعلماء التقليديين. وفي النهاية عيَّنَتْ الحكومة الفرنسية لجنة ملكية للتحقيق في كل من علاجه ووجود المغناطيسية الحيوانية. وقد ترأس اللجنة بنيامين فرانكلين. وَضَمَّتْ اللجنة لاڤوازييه، واشتملت على المقصلة (التي أدَّى ابتكارها إِلى المطالبة برأس لاڤوازييه فيما بعد). وبصورة واضحة أخذت أفكار ميسمر على نحوٍ جدي. ولكن على نحو يقوم على الشك كذلك. وأفصح تقرير اللجنة سنة 1784 أنّه لا يوجد مغناطيسية حيوانية وأن العلاج الميسمري كان ناشئاً عن قدرة الخيال البشري. وَفَقَدَتْ الميسمرية مصداقيتها وتوارى ميسمر عن الأنظار. إِلاَّ أن نجاح الميسمرية أبرز أهمية «قدرات الخيال» والإيحاء بالتنويم المغناطيسي من أجل المعالجة الطبية والنفسية. وقد اعتمد الكثير من النجاح الذي تحقَّق على يدي الطبيب الدجال والطبيب المعاصر على إيمان المريض بأن الطبيب سوف يتمكن من شفائه. ودعم هذا الإيمان الرداء الأبيض للطبيب المعاصر ولُغَتِهِ الطبية والأجهزة العلمية. تماماً كما يدعم الإيمان بالطبيب الدجال مظهره الغريب

وتعاويذه ومعداته الدينية. ويعرف هذا العامل النفسي القوي اليوم باسم «الإيحاء» أَو «الدواء الذي يُعْطِي لمجرد إرضاء المريض»، وهذا يعطي مثالاً قوياً عن كيف يمكن للعقل أن يَشْفي الجسم أكثر من أن يشفي الجسمُ العقلَ! وقد تكون فعالية التحليل النفسي ناشئة عن الإيحاء أَو الدواء الذي يُعْطى لمجرد إرضاء المريض. ولكن إذا كان ذلك صحيحاً فهل سَيُبْطِلُ هذا التحليلُ النفسيُّ؟ إن المسألة لا تزال مثيرة للجدل. وقد يقول فرويد إن فعالية الدواء الذي يُعْطى لإرضاء المريض لعلاج الاضطرابات الجسدية والعقلية يقدِّم لنا المزيد من الدلائل القوية التي تؤيد مفهومه عن العقل اللاواعي الذي يُوَجِّه حياتنا.

أدرك فرويد أن معرفة وظيفة وكيمياء الدماغ كانت تسير ببطء ولن تصل إِلى أعماق العقل الخفية. ولما كان يُواجَه بمشكلة علاج مرضاه بصورة عاجلة، استخدم سبيلاً آخر للوصول إِلى العقل قام على اكتشاف عقل المرضى أنفسهم. ولكن لأن وعي المريض قد قَيَّدَ حرية الوصول إِلى العقل، ابتدع عدة حيل، كاستخدام التنويم المغناطيسي وتداعي الخواطر والأحلام، لكي يتعمّق في العالم المظلم للعقل اللاواعي. وسرعان ما وجد أن العلاج الأكثر فعالية كان «العلاج الناطق» أَو طريقة «العلاج المسهل» التي أنشأها بروور ومريضته المهسترة آنا أوو Anna O.

كان عمل بروور مشابهاً لعمل فرويد إِلاَّ أنه جاء قبل عمل فرويد. كان بروور فيزيولوجياً من مدرسة هيلمهولتز، وفيما بعد

أصبح من أشهر الأطباء الخصوصيين في ڤيينا. وكان دائماً يتمتع باهتمام واسع بالعلم. وفي سنة 1880 بدأ معالجة امرأة فاتنة وجميلة في الحادية والعشرين من عمرها. ومع أن اسمها الحقيقي كان بيرثا بابينهيم Bertha Pappenheim، إلاَّ أنها عُرفت باسم الآنسة آنا أوو، وذلك لأن تاريخ حالتها المرضية قد ذُكر بهذا الاسم في «دراسات عن الهيستريا» من تأليف بروور وفرويد. وهي الدراسة التي أَطْلقَتْ التحليل النفسي. كانت آنا قد أظهرت أعراضاً هيسترية حقيقية اشتملت على سعال عصبي واضطراب في الرؤيا والكلام وعجز في تناول الطعام وشلل في ثلاثة أطراف، وكان لديها شخصية منفصمة؛ إحداهما طبيعية والأُخرى شخصية طفل شقي تَكَوَّن في حالة معدَّلة شبه منوِّمة من الوعي. وأدرك بروور، بعد التحدّث إليها، أن الأعراض كانت مرتبطة بخبرات من الماضي. ويمكن لهذه الأعراض أن تتبدد إذا تخلّصت آنا من الخبرة وعواطف الخبرة في حالة التنويم المغناطيسي وشبه التنويم المغناطيسي. كانت آنا أوو ذكية جداً، وأنشأت طريقة للتحدث من خلال خبراتها السابقة للتخلّص من أعراضها واحداً بعد الآخر. وهكذا ولدت فكرة «العلاج الناطق» (أَو «تنظيف المدخنة» كما دعتها) وبقيت القاعدة للتحليل النفسي حتى اليوم.

ولكن علاج «آنا أوو» كان علاجاً طويلاً ومُشَدَّداً واحتاج كميات كبيرة من الطاقة العاطفية من جهة الطبيب والمريض. لم يتحدث بروور وآنا عن الجنس أَو المسائل الجنسية، واعتقد بروور أنها عديمة

الجنس. وعلى كل حال، كان من الواضح أن كل واحد منهما استحوذ على فكر وانتباه الآخر، الأمر الذي سبَّب غيرة ونكد زوجة بروور. وعندما فهم بروور مصدر كآبة زوجته ومدى تورطه العاطفي مع آنا أوو، أنهى العلاج فجأة. وأعلم آنا أن علاقتهما وصلت إِلى نهايتها، وأنّها شُفيت كما تدل ظواهر الأمور. لاحقاً ذلك المساء، استُدْعِي لمنزلها بسبب أزمة طارئة أصابتها. لقد عادت لها أعراضها السابقة جميعها وأصابها آلام مخاض هيستيرية تشبه الآلام عند ولادة طفل. وذلك، كما يبدو، من أجل الفوز بقلب بروور. وهدّأ بروور من روعها بالتنويم المغناطيسي. وخرج من البيت مسرعاً. وفي اليوم التالي هرب مع زوجته إِلى البندقية من أجل قضاء شهر عسل جديد. أَو على الأقل هذه هي القصة كما رواها فرويد.

أنشأ فرويد وبروور نظرية تقول أن الهيستريا والاضطرابات النفسية الأُخرى تنشأ بصورة رئيسية من دوافع أَو خبرات جنسية مكبوتة. ولم تجد النظرية قبولاً حسناً في ڤيينا في أواخر القرن التاسع عشر. وقُوبلت، عموماً، بصمت خالٍ من التعبير من قبل المجتمع العلمي. وانحنى بروور احتراماً لعصره. أما فرويد فقد تمكّن، بعد مجهود كبير، أن يقنعه لينشر نتائج بحثهما عن الهيستريا. ولم يتأثَّر فرويد بالمعارضة، بل دفعته إِلى الأمام، مدافعاً عن النظرية الجنسية بحماسة زائدة دائماً. وسَبَّبَ جُبن بروور خيبة أمل لفرويد، وتعقَّدت علاقتهما بسبب الديون الكثيرة له فوصلت علاقتهما إِلى نهايتها. وبعدئذٍ انسحب بروور كلياً من دراسة التحليل النفسي.

أكّد فرويد على الطاقة الجنسية كقوة لاواعية، وأعطاها اسماً مختلفاً ـ ليبيدو ـ أي الدافع النفسي الصادر عن الغريزة الجنسية. وَيَشْحَنُ الليبيدو باستمرار الخبراتِ وأحلام اليقظة والأفعال بدافع جنسي. أما السبب التطوري لهذا الدافع النفسي القوي فسبب واضح: وهو انتشار المورثات. ولكن كبت الليبيدو، في ثقافة تكبت الجنس كما في ڤيينا في التسعينيات من القرن التاسع عشر، يسبِّب اضطرابات نفسية، لأن معظم الأفكار والخبرات المشحونة بالليبيدو لا تُفَرَّغ، بل تَفْسُد في العقل اللاواعي، وتسبِّب اضطراباً في العقل الواعي. وكان يرى فرويد الجنسَ أصلَ معظم الاضطرابات النفسية. أما الهيستريا فإنّها تنشأ عن كبت خبرات جنسية مبكرة: بينما نَسَبَ فرويد القلقَ العصبي إلى عجز في التفريج عن مقدار لا يحتمل من الإثارة الجنسية بسبب، مثلاً، استمرار عدم الاتصال الجنسي أَو بسبب ارتباط طويل لشخصين، ذكر وأنثى، عفيفين ولكن يعشق كل واحد منهما الآخر. وبصورة مشابهة، ينشأ النّهك العصبي عن تفريج غير كاف من التوتر الجنسي بواسطة الإهاجة الجنسية، كالعادة السرية مثلاً.

أبعد اهتمام فرويد بالجنس الكثير من الناس، ومنهم أفضل طالبين من طلاّبه؛ وهما أدلير وجانغ. ولكن كان لذلك أثر مضاد على وليام رايخ، الأمريكي النمساوي الذي جعل الطاقة الجنسية مركز فلسفته التحليلية. قال رايخ إن تفريغ الطاقة الجنسية خلال هزة الجماع المفتاح لحياة سعيدة راضية. ولكن العوائق النفسية أمام تفريغ العقل تظهر كتوتر عضلي داخل الجسم الطبيعي. وادعى رايخ أنه

شاهد هذه الطاقة فعلاً كجسيمات زرقاء تحت المجهر. وقد دعا تلك الطاقة باسم طاقة أرغون. وقد صمّم رايخ ثم بنى صناديق دعاها «حاشدات طاقة أرغون» ويمكن للناس أن يجلسوا بها ويتمتعوا بهذه الطاقة. ولا بد أن رايخ أصبح منعزلاً بصورة متزايدة ومُصاباً بجنون الاضطهاد لأن نظرياته رُفضت، والتحقيق من قبل الأمن FBI في حاشداته أدّى إلى سجنه بسبب الاحتيال والتدجيل. ومات في السجن فيما بعد. إلاّ أن فكرة رايخ عاشت وتحوّلت إلى «الطاقة البيولوجية» وهي علاج ابتكره طالبه الأمريكي إسكندر لووين. وتسعى الطاقة البيولوجية أن تزيل عوائق جريان الطاقة وذلك بمعالجة التوتر العضلي في الجسم، وبالتالي السماح للجريان الكامل لطاقة هزة الجماع. ومع أن علاج لووين لم يكن سائداً، إلاّ أن هنالك اعترافاً متزايداً للفائدة العامة من استعمال المعالجة البدنية من أجل حل المشاكل النفسية كاستخدام التمرين والتدليك واليوغا من أجل معالجة الاكتئاب والقلق والتوتر. وطبعاً، وكما رأينا من قبل، إن فكرة معالجة العقل من خلال الجسم فكرة قديمة وناشئة عن بلاد الإغريق القدماء والهند والصين.

بُنِيَتْ نظرية فرويد وبروور عن الوظيفة النفسية والدافع النفسي على الطاقة العقلية. وتقول هذه النظرية إن هنالك عدداً من الحوافز اللاواعية، وخاصة من أجل الطعام والجنس، التي تزودنا بالدافع لكل الأفعال العقلية والبدنية. وعندما يكون الحافز نشيطاً فإنّه يُحَرِّضُ الشخص، مسبِّباً له توتراً مقلقاً، ومرتبطاً بفكرة هدف ذلك الحافز.

مثلاً، عندما يحتاج الجسم طعاماً، يسبِّب الحافز للطعام توتراً مرتبطاً بفكرة الطعام، وتشعر بذلك التوتر على شكل ألم الجوع. بعدئذ، نسعى لأن نزيل هذا التوتر وذلك بالبحث عن الطعام وتناوله. وتُفَرِّجُ هذه الأفعال التوتر ونشعر بالفَرَجِ كمتعة. وهذه هي المتعة: أي انفراج التوتر الذي سبَّبه الحافز. أما الدافع الرئيسي للحيوانات والبشر فهو السعي وراء المتعة التي نستمدها من التخلص من التوتر الذي سبَّبه الحافز اللاواعي. ودعى فرويد هذه النظرية باسم «مبدأ المتعة». تعمل الحوافز كمصدر للتوتر الذي يمكن أن يُنْظَر إليه كإثارة أَو شحنة أَو طاقة. وتقع مصادر الحوافز في الأجزاء اللاواعية من الدماغ (في الواقع مجموعة من الخلايا العصبية)، أَو ربما من الجسم (مثلاً المعدة الجائعة). ولكن الهدف من الحافز هو فكرة واعية (في الواقع، مجموعة مختلفة من الخلايا العصبية في جزء واع من الدماغ). وعندما يعمل الحافز فإنه ينقل التوتر من المصدر إِلى الهدف. فإذا أصبح ذلك في مجال الوعي، عندئذٍ يحاول المخلوق الحي أن يزيل التوتر بتفريغه، إما خارجياً أَو داخلياً. وإذاً، عندما يَنْشُطُ الحافز الجنسي، فإنه يعمل كمصدر من التوتر المقلق الذي يشحن فكرة (جنسية) ما. ويمكن أن يتحقق انفراج هذا التوتر بالنشاط الجنسي. وإزالة هذا التوتر نشعر به كمتعة.

عندما يَشْحَنُ الحافزُ اللاواعي فكرة أَو خبر أَو منطقة بالدماغ بالطاقة، فإن هذه العملية تُعرف باسم «تركيز الطاقة النفسية»، وإذا شُحِنَتْ منطقة على نحو مفرط، فكان يربط ذلك بالقلق. بينما

«التنفيس» كان عملية تفريغ تلك الطاقة، ويرتبط بشعور المتعة. وفي الأحوال الطبيعية، الطاقة أو الشحنة العاطفية المرتبطة بمعاناة ما، تُفَرَّغُ بالأفعال أو الأفكار التي حضت عليها. ولكن إذا كُبِتَتْ الذاكرة أَو إذا اسْتُقْبِلتْ المعاناة في حالة غير طبيعية (كالتنويم المغناطيسي أو التعب) حيث يمكن أن تُفَرَّغ بعمليات واعية عادية، عندئذٍ ستبقى مشحونة في العقل اللاواعي، الذي يعمل كمصدر كامن من الطاقة ليثير ويقلق راحة العمليات الواعية. وإذاً، الطريقة العلاجية التي ابتكرها بروور وآنا أوو وطوّرها وأتقنها فرويد لعلاج وتفريغ المعاناة المشحونة عاطفياً من قبل العقل اللاواعي، كانت معروفة باسم «طريقة التنفيس» وإن هذا المنهج وهذه الطريقة هما عماد العلاج النفسي في الوقت الحاضر وعلم النفس الرائج بين الناس.

أراد فرويد وبروور أن يصيغا نظريتهما بلغة البيولوجيا والفيزياء، كما تحدَّثا في البداية عن حوافزهما وأفكارهما بلغة الأَعصاب، وتحدَّثا عن التوتر بلغة الطاقة أَو الإثارة الكهربائية. وابتكر فرويد قانوناً اتبعه، قياساً على القانون الأول للديناميكيا الحرارية. وأكَّد مبدأ الثبات أن الدماغ يحاول أن يحافظ على مستوى الإثارة ثابتاً (أَو عند الحد الأدنى). ومهما يكن من أمر، إن استخدام فرويد وبروور فكرة الطاقة العقلية فكرة غامضة وعويصة. في نصوص مختلفة، تشير إِلى أمور مختلفة: طاقة الاستقلاب والتهيج العصبي والأثر العاطفي والانتباه والإثارة والنشاط العقلي. وفي الواقع، ليست نظريتهما عن الحوافز والتوتر والتنفيس إِلاَّ نظرية نفسية عن الدافع. ولا يمكن أن

تصاغ بلغة طاقة الاستقلاب أَو الإثارة الكهربائية: أي أن استخدامهما عبارة «طاقة» تعني مجازاً «التوتر النفسي».

وعلى كل حال، ومنذ زمن فرويد، نشأت فكرتان عن الطاقة في مجال علم النفس: الإثارة والتوتر. أما الإثارة فتشير إِلى المستوى العام للنشاط العقلي، الذي يزداد أَو يضعف حسب النشاط أَو التعب. أما التوتر فله صفات كثيرة مثل القلق والكرب والضغط النفسي أَو الشعور السلبي، ولكنه ناشىء أساساً من نظرية فرويد عن التوتر. وَوُصِفَ القلق كحافز مكتسب لأنه يعمل عمل حافز فرويد الذي يشكِّل توتراً، ولكنه يُكْتَسَبُ بالتعلّم والخبرة. مثلاً، قد أكون قلقاً بسبب امتحان وقد أُزِيلُ هذا التوتر الناتج بالمراجعة. ولكن لم ينشأ هذا القلق من حوافز داخلية للطعام أَو الماء أَو الجنس، ولكنه في الواقع اكتُسِبَ خارجياً من أقراني ومجتمعي. للمجتمع قانون صارم من أجل سلوك لائق أَو غير لائق ونكتسب إحساساً حول ما هو مستحسن أَو مستهجن منذ الصغر وذلك من أوليائنا أَو أقراننا. وقد سمّى فرويد ذلك باسم «الأنا العليا» التي تسبِّب القلق أَو الشعور بالذنب عندما ننتهك أعراف المجتمع أَو نفكّر بانتهاكها، وقد تسبب الفخر والرضى «عند القيام بالعمل الصحيح» حسب وجهة نظر المجتمع. إن طبيعة «الأنا العليا» الواعية إِلى حد ما وغير الواعية إِلى حد ما مُشْكِلَةٌ مُحْتمةٌ يصعب حلّها أَو البت فيها. كما أننا يمكن أن نكون غير مدركين تماماً لمصدر القلق أَو الشعور بالذنب. وقد يكون القلق أَو التوتر أمراً حسناً. فالقلق أهم دافع يحثّنا على العمل في

المجتمع. ولولاه، لا نقوم إلاَّ بفعل القليل، بغض النظر عن تلبية حوافزنا الرئيسية من أجل الطعام والجنس.

والخلاصة، هنالك فكرتان عن الطاقة العقلية لا تتصلان مباشرةً بطاقة الجسم الاستقلابية، علماً أن هنالك بعض العلاقات، كما سنرى. وتتعلّق فكرة الإثارة باليقظة العامة لاستجابة الجهاز العصبي ودرجة حساسيته وقوته. وتتميز الإثارة جيداً على المستوى النفسي وتقوم بصورة متينة على بيولوجيا الدماغ. أما فكرة التوتر فأقل تميزاً ولكنها تشير إِلى الضغط والكرب والقلق التي تنشأ عن منبّه أَو حافز محددين.

الإثارة والتوتر

في واد سحيق مظلم وبجانب بحيرة ساكنة عند قاعدة الدماغ، هنالك غرفة صغيرة، الهايبوتلامس، التي بها تُكْبَحُ وتُسَخَّرُ كل الانفعالات الجامحة للبشر لتدفعنا إِلى الأمام. هذه البقعة الصغيرة من الخلايا العصبية، التي هي أقل من واحد بالمئة من الدماغ، هي مركز القيادة للعقل. وفي يد القائد لجامان (يُعرفان باسمين غير شِعْرِيين، الجهاز العصبي اللاإرادي وجهاز التنشيط الشبكي) يتحكّم بهما بالجسم والدماغ. هذان الجهازان هما المشرفان المركزيان على طاقة الجسم والعقل على التوالي. إنّهما لا يشكِّلان طاقة ولكنهما يضبطانها، كما يضبط اللجام الحصان، أحياناً يحثّه إِلى الأمام وأحياناً أُخرى يكبحه. فإذا أسرعنا إِلى الأمام تغمر الطاقة الجسم والعقل

وتُعطي مخرجاً كاملاً للغضب أَو القلق أَو الكر أَو الفر أَو الانفعال أَو التضارب العنيف. أما إذا كان اللجام في حالة ارتخاء، فإننا نسترخي ونرتاح. وإذا سحب اللجام أكثر، فإننا قد ننام أَو نشعر بالوهن.

إن جهاز التنشيط الشبكي RAS هو جهاز للدفاع. عندما يُنَشَّطُ من قبل الهايبوتلامس أَو المعلومات الحسية الجديدة فإنه ينبّه الدماغ ويجعله يُعنى بالمعلومات الجديدة الواردة إليه. إنّه جهاز إنذار يطلب من الدماغ ما يلي: «استيقظ، انتبه، إن أمراً ما يجري» ولكنه أيضاً يغذي الدماغ بالطاقة على نحو ناشط، وذلك برشّه بمواد كيميائية محرّضة، الأمر الذي يجعل كل الخلايا العصبية أكثر اهتياجاً وحساسية وأسرع للاستجابة. وبدون تنشيط جهاز RAS فإن العقل قلّما ينتبه لأي معلومات جديدة. وإذا تعرض الجهاز RAS إلى تنشيط زائد، فإن العمليات تُصبحُ أسرع وأكثر تركيزاً. إن جهاز RAS يوقظ الدماغ ويحافظ على استيقاظه وينظم دورة النوم واليقظة. إن جهاز RAS يدفع إلى الأمام ويحرّض ويشترك في عملية الإكراه والإدمان. ينظم جهاز RAS العاطفة والمزاج والإثارة والشعور بالنشاط والخفة. يُستَهْدَفُ RAS من قبل بعض العقاقير والمخدرات مثل الأمفيتامين والكوكائين والإكستيسي وLSD والبروزاك. إن جهاز RAS هو الذي يزوِّد الدماغ بالطاقة.

وكما رأينا من قبل، إن الجهاز العصبي اللاإرادي ANS هو جهاز الإثارة للجسم، وله ذراعان: الجهاز العصبي الودي الذي يغذي الجسم بالطاقة وَيُحَفِّزَهُ من أجل الكر أَو الفر، والجهاز العصبي نظير

الودي الذي يريح الجسم بعد زوال الخطر. يؤدي تنشيط الجهاز العصبي الودي إِلى استجابة الكر أَو الفر بينما يسبِّب التحريض المزمن للجهاز الودي استجابة الضغط. إن جزءاً من الضغط (أَو الكرب) يُسوَّى من قبل جهاز منفصل وهو جهاز الغدة الكظرية والغدة النخامية والهايبوتلامس. وهو اللجام الثالث الذي بواسطته يتحكّم الهايبوتلاموس بطاقة الجسم، وَيَنْشَطُ بصورة خاصة في حالة القلق والوهن. يُرْسِلُ الهايبوتلاموس في حالة الكرب رسالة إِلى الغدة النخامية وهي غدة صغيرة تقع تحته. وهذه تنقل رسالة الخطر إِلى غدة الأدرينالين التي تطلق هرمون الضغط، وهو الكورتيزول.

الإثارة مفهوم رئيسي استخدمه العلماء النفسيون ليشيروا إِلى التنشيط العام أَو إِلى التغذية بالطاقة للجهاز العصبي الناشئين عن تحريضٍ ما. يدخل عدد لا يحصى من الرسائل الحسية إِلى الدماغ وذلك من العينين والأذنين والأنف واللسان والجلد مارة من خلال الدماغ الذي لا يكترث بها نسبياً. أما إذا كانت الرسالة قوية بصورة خاصة أَو جديدة أَو غير متوقعة، فإنها تطلق إنذار الخطر داخل الدماغ وتسبِّب إثارة عامة وانتباهاً مركزاً. لقد تطور مفهوم الإثارة من أنواع مختلفة من الأبحاث. وجد فيزيولوجي الأَعصاب الإنكليزي السير تشارلز شيرينغتون Sir Charles Sherrington (1857 ـ 1952) أن وخز قدم كلب بدبوس لم يسبب فقط الانسحاب الانعكاسي للقدم، ولكنه أيضاً جعل الكلب يصبح ذا حساسية تجاه سلسلة كاملة من الانعكاسات الأُخرى. ويمكن أن نجد نتيجة مشابهة في البشر.

فالناس الذين يستخدمون عضلاتهم بقوة، استجابوا لإشارة الخطر بصورة أسرع. وقد تبين أن المنبهات (كوخز الدبوس مثلاً) استدعت استجابة محددة (كانسحاب انعكاسي) وأيقظت بصورة عامة الجهاز العصبي الكامل، الذي أصبح أكثر حساسية ويستجيب بقوة أكثر للكثير من المنبهات. هكذا أثير الجهاز العصبي، وهذه الإثارة زادت الاستجابات إِلى المنبهات الخارجية ودعمت الحساسية تجاه الحوافز الداخلية. وهكذا إذا أعطينا فأراً صدمةً كهربائية فإنه لن ينزعج فقط ولكن سوف يزداد نشاطه الجنسي، ويكثر من تناوله للطعام أكثر مما كان عليه قبل الصدمة. ويمكن أن نشاهد حساسية مشابهة في البشر كذلك. مثلاً، الكثير من الناس تحت الضغط يأكلون أكثر مما كانوا يأكلون قبل تعرّضهم للضغط. وهنالك من وجد أن النساء والرجال أُثيروا جنسياً بعد أن شاهدوا فيلماً يثير الشهوة الجنسية، إذا كانوا قبل ذلك مباشرة يشاهدون فيلماً شديداً يجمد الدم في العروق عن حوادث السيارات. وإذا لم يكن في الفيلم الأول ما يثير الجنس فإن قيمة صدمته سبَّبت إثارة عامة أريقت على الإثارة الجنسية عندما عرض الفيلم الثاني. كتاب «تحطم السيارة» السيىء السمعة للكاتب بالارد ج. J. G. Ballard (وفيلم دايڤد كرونينمبيرغ David Cronenberg سيء السمعة كذلك) مبنيان في الواقع على الفذلكة الجنسية الذاتية. إن السيارة تتحطم ويصيح ضحاياها، ويشاهدون، كمثيرين للجنس. يشتمل بعض التمهيد الجنسي على العض والألم أَو أشكال أُخرى من التنبيه الذي يمكن أن يقود إِلى إثارة جنسية أكبر، الماسوشية السادية

والإثارة الذاتية للجنس عبارة عن مساعي معروفة لأولئك الذين في ثقافتنا يجدون عناصر الألم أَو الإذلال أمراً ضرورياً للإثارة الجنسية.

ابْتُكِرَ اختبار بارع، ولكن سيئ الصيت، حول مفهوم الإثارة وذلك باستخدام جسرين يمتدان عبر نهر وامرأة جميلة واحدة. كان يبلغ عرض جسر منهما 5 أقدام وطوله 450 قدماً يتأرجح بصورة خطيرة على ارتفاع 200 قدم فوق صخور تقع تحته. واجتياز هذا الجسر كان معاناة مثيرة وقلقاً مفرطاً. أما الجسر الآخر الواقع في أعلى النهر، فكان جسراً صلباً ويبلغ ارتفاعه 10 أقدام فوق نهر ضحل. أما اجتياز هذا الجسر فكان أمراً سهلاً. الذكور الذين كانوا يجتازون أحد الجسرين كانت امرأة تقابلهم عند نهاية الجسر. وكانت تطلب منهم أن يساعدوها بمشروع حول علم النفس. وملأ الرجال استبياناً واستجابوا للاختبار. وفيما بعد، وُضِع لهم علامة حول تخيلاتهم الجنسية. وأخيراً أعطت صاحبة التجربة كل رجل رقم هاتفها بحجّة أنّها ترغب بمناقشة التجربة إذا كان راغباً في ذلك. أما الرجال الذين اجتازوا الجسر المنخفض فقد نالوا علامة منخفضة حول تخيلاتهم الجنسية، وكانت نسبة الذين اتصلوا بها هاتفياً 12 بالمئة. بينما الرجال الذين كانوا قد اجتازوا الجسر العالي، كانت علامتهم مرتفعة حول تخيلاتهم الجنسية. ومن الممتع كثيراً أن 50 بالمئة اتصلوا بها هاتفياً. أما تفسير هذه النتائج فقد بينت أن معاناة التجربة المخيفة لاجتياز الجسر العالي ضاعفت الإثارة الفيزيولوجية وعمّقت الإثارة الجنسية، وأظهرت أن الرجال كانوا أكثر انجذاباً إِلى صاحبة

التجربة. وقد يكون لهذا البحث علاقة بالحياة الجنسية للسياسيين. فقد قال هنري كيسنجر Kissinger مرة؛ إن القوة أعظم شيء يثير الجنس. وتؤكد خبرات بعض الرؤساء الأمريكيين الجدد أن الحياة القائمة على الأدرينالين المفرط يمكن أن تقود إِلى حياة مفعمة بالجنس. تُقَوِّي الإثارةُ الانتباهَ والتركيزَ والأداءَ ويمكن أن تنشأ عن عدة مصادر، كالغضب مثلاً. قال مارتن لوثر كينغ Martin Luther King مرة: «عندما أغضب، أستطيع أن أكتب وأسلي وأعظ على نحو حسن، لأن كل مزاجي عندئذٍ يَنْشُطُ وَيُشْحَذُ ذكائي وتختفي جميع المضايقات والإغراءات الدنيوية».

جاء الدليل على وجود جهاز الإثارة العامة في الدماغ من التنبيه الكهربائي لقاعدة الدماغ ومن تسجيل النشاط الكهربائي (موجات دماغية) الصادر عن سطحه. لقد أدّى التنبيه الكهربائي لجهاز RAS الواقع في جذر الدماغ إِلى إثارة عامة في الحيوانات: فنراها تستيقظ (إذا كانت نائمة) وترفع رؤوسها وتفتح عيونها وتنظر حولها بانتباه. أما إذا أصاب التلف هذا الجهاز، فإن هذه الحيوانات تصبح نعسة وكسولة وغير سريعة الاستجابة. وهكذا نجد أن هذا القسم من الدماغ عبارة عن مركز إثارة عامة أَو مركز إنذار يطلب من بقية الدماغ أن «استيقظ! انتبه! إن شيئاً شيقاً يجري! استعد لتستقصي الأسباب وتفعل شيئاً تجاه ذلك».

يُمكنُ مراقبة أثر تنبيه مركز الإثارة على المناطق العليا للدماغ باستخدام مرسمة موجات الدماغ EEG. إن EEG طريقة شبه سحرية من

أجل الإصغاء إِلى موجات الدماغ القادمة من السطح دون الحاجة لفتح الجمجمة. تُوْصَلُ الأقطاب الكهربائية دون أن تسبِّب ألماً بسطح جلدة الرأس وتسجل النشاط الكهربائي تحتها. وأول من استخدم EEG على البشر كان المعالِج النفسي هانز بيرغر Hans Berger سنة 1929. وقد سُرّ كثيراً عندما اكتشف أن هنالك عدة أنواع من أمواج الدماغ الآتية من أدمغة المتطوعين في حالات مختلفة بدءاً من الاسترخاء إِلى الإثارة الكاملة. واعتقد بيرغر أنّها كانت صادرة عن الطاقة الدماغية أَو كما دعاها P-energy. كما اعتقد أنه اكتشف سر ESP (الفهم الخارج عن نطاق الإدراك الحسي). وعمل بيرغر بسرية لمدة خمس سنوات. وفي النهاية أبعده النازيون، وأصبح مكتئباً طريح الفراش، وأخيراً أقدم على الانتحار. ومع أن بيرغر كان مخطئاً فيما يتعلّق بالطاقة الدماغية إِلاَّ أنه اكتشف أمراً ذا أهمية عظيمة بالنسبة لوظيفة الدماغ. لاحظ أن أمواج النشاط الكهربائي كانت صادرة عن تذبذب متزامن للملايين من الخلايا الواقعة على سطح الدماغ. وكانت كل هذه الخلايا تنطلق على شكل هَبَّات أَو أمواج متزامنة، وعندما تكون ناشطة في الوقت نفسه، كانت تشكِّل إشارة كهربائية كبيرة التي يمكن اكتشافها على سطح جِلدة الرأس. ولم يكن الأمر كذلك في كل الحالات النفسية. فعندما يكون المتطوع للتجربة نائماً أَو مستيقظاً ومرتاحاً، كانت أمواج الدماغ كبيرة وبطيئة. ولكن إذا كان المتطوع مُثَاراً أَو كان يُعنى بأمر ما كانت الأمواج صغيرة وسريعة. فعندما كان الدماغ مشغولاً بمهمة، كما بدا لنا الأمر، كان على جميع الخلايا

العصبية المختلفة أن تقوم بأمور مختلفة، ولذلك فإن نشاطها لم يكن متزامناً، وعندما كان الدماغ في حالة راحة ولم يكن لديه الكثير ليقوم به، كانت جميع الخلايا العصبية تعود إلى تزامنها مرة أُخرى، لأنها لم تكن منفصلة بمهامها الخاصة بها من أجل معالجة المعلومات. يُسَبِّبُ تنبيه مركز الإثارة الموجود عند قاعدة الدماغ ذبذبة متزامنة تنتهي بموجات سريعة صغيرة. ولذلك، لا يبدو مركز الإثارة أنه يعمل في الواقع كإنذار يَطْلب من بقية الدماغ أن يستيقظ ويعمل.

وإذاً، هل نستطيع أن نحصل على الكثير من الإثارة أَو القليل منها؟ توحي عدة أنواع من الدلائل أن إثارة أكثر من اللازم أَو أقل من اللازم يمكن أن تجعلنا غير سعداء، وتجعلنا نؤدي أعمالاً مختلفة على نحو سيء. فمستويات عالية من الإثارة كالخوف أَو الضجة والألم تُضْعِفُ أداءنا العقلي ويُصاب تفكيرنا بالاضطراب ويظهر لدينا قلق مفرط. وقد يكون من المناسب أن يكون هنالك مقدار أعظمي من الإثارة من أجل أي ظرف أَو عمل محددين. أما إذا كان هنالك أقل من اللازم من الإثارة، عندئذٍ يصيبنا انتباه عقلي غير كافٍ لتأدية عملنا على أحسن وجه. مثلاً، في الصباح الباكر أَو في وقت متأخر من الليل يصعب أن نركّز ونعالج المعلومات ذات الصلة بموضوعٍ ما. وإذا كان هنالك أكثر من اللازم من الإثارة، فإن الحساسية النامية تجاه المنبهات والمعدل النامي للتفكير قد يقودان إِلى حملٍ زائد عن اللزوم وعجزٍ في التركيز. يُعْرَفُ عن المراقبين الجويِّين الذين يراقبون الطائرات القادمة إِلى المطار أنّهم يعانون من نوعٍ من الحِمل الحسي

المفرط، الذي يسبِّب تشتيت الانتباه والتركيز على المهام التي بين أيديهم. وينطبق الأمر نفسه تماماً على الرياضيين والممثلين ورجال الأعمال والسكرتيرات. إن مستوى محدداً من الإثارة ضروري من أجل أداء العمل على أحسن وجه. ولكن مقداراً مفرطاً من الأدرينالين سيسبِّب مشاكل لا مفر منها.

ربما نتوقع أن يشعر الناس بالراحة والسعادة عندما يكون مستوى الإثارة منخفضاً، ولكن العكس هو الصحيح عندما يحرم الناس من التنبيه لفترة طويلة. أول من درس آثار الحرمان الحسي دونالد هيب Donald Hebb وطلاّبه في جامعة ماك غيل في كندا سنة 1950. دُفِعَ للطلاب مبالغ كبيرة من النقود ليستلقوا على الأسرّة دون أن يفعلوا شيئاً لأطول مدة يَقْدِرون عليها. وقد يبدوا للطلاب أنّها فكرة عظيمة. ولكن كانوا محرومين حِسِّياً بحيث لم يكن باستطاعتهم أن يُبْصِروا أَو يسمعوا أَو يشعروا بأي شيء. شعر الطلاب بأنّهم على خير ما يرام لمدة نحو يوم، ولكنهم فقدوا القدرة على التفكير مباشرة أَو التركيز. وبعد 48 ساعة لم يتمكّنوا من حل مسألة حسابية عقلية بسيطة وبدأوا يشاهدون صوراً مزعجة وهلوسة وأصبحوا شديدي الحاجة لأي شكل من أشكال التنبيه مهما كان بسيطاً. ووجد الجميع أن معاناة التجربة كانت صعبة، علماً أن معظمهم كانوا بحاجة أن يفروا من هذه التجربة بعد يومين أَو ثلاثة أيام على الأكثر. واستنتج هيب Hebb من هذه التجربة ومن دراسات أُخرى أن لدينا دافعاً فِطرياً من أجل الإثارة والتنبيه ـ إننا نجد ما دون الإثارة أَو السأم أمراً بغيضاً ولذلك نبحث

عن منبهات تثيرنا. ولكن ما فوق الإثارة يمكن أن يكون أمراً بغيضاً كذلك. وقال هيب Hebb إن استجابتنا للإثارة المتزايدة كانت تأخذ مقلوب الشكل U ـ ومن هنا جاء الخط البياني للإثارة لمقلوب الشكل U. إذا أجرينا مقارنة بين الشعور ومستوى الإثارة، عندئذٍ نرى أنه عند الإثارة المنخفضة نشعر بالملل. ونشعر أننا أفضل إذا ازدادت الإثارة، ونشعر بأحسن الأحوال عند الحد الأعظمي للإثارة. ولكن إذا استمرت الإثارة في الزيادة أكثر من الحد الأعظمي نبدأ بالشعور بالأسف والقلق. هذا الخط البياني للشعور لمقلوب الحرف U بالمقارنة مع الإثارة يمكن أن نجده من أجل الأداء بالمقارنة مع الإثارة.

يبدو حافزنا من أجل الإثارة أنه حافز فطري. إذا كان مستوى الإثارة أقل من اللازم فإننا نصاب بشعور بغيض من الملل والإحباط: بينما إذا كانت الإثارة عند حدها الأعظمي فإنّها تُحَرِّضُ طرقَ المكافأة في الدماغ، وتجعلنا نشعر أننا بخير إضافة إلى شعورنا بالنشاط والخفة. تُحَرِّضُ الإثارةُ الطرقَ العصبيةَ مطلقةً المواد الكيميائية العصبية التي تجعلنا نشعر أننا سعداء. والطرق العصبية هي نفسها التي يحرّضها الكوكائين والأمفيتامين والهيروين. لهذا السبب نُحب أن نكون مثارين. يبدو أن التطور قد حتَّم علينا أن نسعى وراء التنبيه. وهذا جزء من السبب الذي من أجله نجد أنفسنا نقرأ كتباً وصحفاً، ونذهب للسينما، ونقيم علاقات شخصية مع الآخرين، ونتزلج على الجليد ونتسلّق الجبال. فإذا شعرنا بالسأم يوم الأحد فإننا نسعى وراء

أي شيء يداعب أعصابنا حتى لو كانت صحيفة الأمس التي قرأناها مرتين من قبل.

إن مستويات الإثارة المنخفضة الدائمة بغيضة، كذلك المستويات العالية دائماً بغيضة أيضاً، ولكن بطريقة مختلفة. الإثارة العالية الدائمة تتعلّق بالقلق، ويكون القلقون من الناس في حالة دائمة من الإثارة العالية. ولا يعني هذا أنّهم دائماً مُثارون بصورة مفرطة، ولكن يعني أنّهم أكثر حساسية من غيرهم تجاه مواقف محتملة حقيقية أَو تهديدات تجعلهم مثارين أكثر الأحيان وعلى مستوى أعلى والبقاء هكذا مدة أطول. ليس القلق مجرد حالة من القلق مفرطة، إنها تعني مشاهدة العالم على نحو سلبي. ليس بالضرورة أن يكون المستوى العالي من التوتر بغيضاً، إنه يعتمد على كيفية النظر إليه، وبصورة دقيقة فيما إذا كان يُنْظَرُ إِلى الموقف أنه تحت السيطرة أَو خارجاً عنها. تخيل ركوب لعبة الأُفعوان في مدينة الملاهي: أنت تنظر إِلى الأسفل وترى بوضوح سقوطاً عامودياً ـ يمكنك أن تتوقع السقوط ولكن خوفك تحت السيطرة. وعندما تبدأ بالسقوط ـ أي الموقف وخوفك خارجان عن السيطرة ـ يَغْمُرُ الجسمَ والدماغَ ليس فقط الأدرينالين والنورأدرينالين ولكن أيضاً هرمونا الضغط أَو الشدة، وهما الكورتيزول والإندروفين اللذان يحضّرانك للكارثة. وفي النهاية (وبعد مليون سنة كما يبدو الأمر) تتوقف وينطلق التوتر على شكل ضحك. ويصبح الموقف تحت السيطرة مرة أُخرى. ويشكل ما بقي من الأدرينالين والإندروفين دفقة من السعادة، حتى المرة الثانية. يمكن

أن يتشكل شعور مشابه لركوب الأفعوان في مدينة الملاهي، وهو الشعور الناتج عن تسلق الصخور أَو أفلام الرعب. قد تكون الإثارة مرتفعة دائماً ولكننا نستطيع أن ننتقل فجأة من السعادة إِلى القلق الشديد ثم نعود مرة أُخرى إِلى السعادة، وذلك حسب ما نرى إمكانية السيطرة على التهديد أَو لا. إذا رأينا التهديد لسعادتنا خارج السيطرة فإننا نُصاب بالقلق، كما تنطلق هرمونات الشدة التي تسبِّب أذى للصحة على المدى الطويل. إن القلق المزمن يشبه العيش دائماً على أُفعوان مدينة الملاهي مع خوف من المرتفعات لا يمكن السيطرة عليه.

لا يبحث الجميع عن المستوى نفسه من الإثارة. فبعض الناس يبحثون عن المشاعر القوية ـ ولذلك يُدْعَوْنَ باسم مدمني الأدرينالين. إننا نرى أن لديهم حاجة واضحة لمستوى مرتفع من الإثارة لكي يشعروا أنّهم على ما يرام، ويبحثون عنها في العلاقات الاجتماعية والجنس والرياضة والمساعي الأكثر خطراً. يبدأ الباحثون عن المشاعر القوية من الخط الرئيسي للإثارة. ولذلك قد تراهم أكثر أَو أقل عرضة للقلق، وبالتالي يحافظون على مستوى مرتفع من الإثارة. ومهما كان السبب، يحاول الباحث عن المشاعر القوية أن يحافظ على مستوى مرتفع من الإثارة أعلى من الشخص العادي، وأعلى بكثير من ذلك الشخص الذي يتجنّب المشاعر القوية. إن متجنّب المشاعر القوية هو نقيض مدمن الأدرينالين. فلهما مستوى إثارة أعظمي منخفض، حيث يشعرون أنّهم أسعد ما يكونون. وهذا إما لأن خطهم

الرئيسي للإثارة مرتفع أصلاً أَو أنهم عرضة للقلق. وإذاً، حتى المستويات المعتدلة من الإثارة تُعَزِّزُ القلق. ولذلك، يتهرّب الذين يتجنّبون المشاعر القوية من المواقف والعلاقات الاجتماعية التي يمكن أن ترفع مستويات الإثارة فوق مستوياتها الأدنى.

الإثارة السابقة ومستوى الإثارة التي يبحث عنها الناس من أهم الجوانب الأساسية للشخصية البشرية. قال الفيزيولوجي البريطاني المثير للجدل هانز إسينك Hans Eysenck في الستينيات من القرن العشرين: إن الاختلاف الرئيسي بين المنبسِط والمنطوي؛ أن المنبسِط يبدأ من مستوى إثارة خلفي أخفض ولذلك يبحث عن مزيد من التنبيه ليحافظ على نفسه عند مستوى أعظمي أعلى من الإثارة. أما المنطوي فيبدأ من خط أساسي للإثارة مرتفع، ويبحث عن المنبّه الأدنى أَو يتحاشى المنبّه بالكامل لكي يحافظ على مستويات إثارة أعظمية منخفضة. وبما أن العلاقات الاجتماعية مصدر رئيسي للإثارة، يبحث المنبسط عن العلاقات الاجتماعية بينما قد يتحاشاها المنطوي أَو يبحث عن إثارة أقل أَو أنواع من علاقات اجتماعية أقل إثارة للقلق.

كانت حياة هانز إسينك Hans Eysenck مفعمة بالمشاعر القوية، ومن خلال معاييره نقول، إنه غالباً ما كان باحثاً عن المشاعر القوية. وُلِدَ في برلين خلال الحرب العالمية الأولى، وانتقل إِلى إنكلترا بعد وصول النازية للسلطة. أصبح أستاذاً لعلم النفس في جامعة لندن. وكان يبحث عن العناصر الأساسية للشخصية والذكاء. كان ناقداً

صريحاً للتحليل النفسي وكان أحد الرواد في مجال العلاج السلوكي. وقد اعتقد كذلك أن الذكاء مسألة وراثية بصورة كاملة. والاختلافات العرقية حول الذكاء كانت اختلافات وراثية كذلك. وقد سبَّب هذا جدلاً أكاديمياً وعاماً استمر حتى اليوم. وعلى كل حال، بقيت إسهاماته في النظرية الشخصية والأدوار الرئيسية للإثارة صحيحة.

تَوَسَّعَتْ نظرية إسينك Eysenck على يد غراي Gray وكاغان Kagan في الثمانينيات من القرن العشرين، وذلك بشرح العناصر الأساسية للقلق. قال غراي Gray إن هنالك طريقاً في الدماغ دعاه جهاز الكبح السلوكي الذي يعمل من خلال تهديد مدرك ليكبح السلوك المتقدم باستمرار ويوجّه الانتباه ثانية تجاه خطر محتمل. ولجهاز الكبح السلوكي نشاط عال بالنسبة لأناس مصابين بقلق مزمن، لذلك يُكْبَحُ سلوك هؤلاء بصورة دائمة ويتركز انتباههم على تهديدات محتملة. طريق الدماغ المشترك في هذا الجهاز يتطابق جزئياً مع جهاز RAS وينشط بالإثارة ولكنه أيضاً يشتمل على مناطق دماغية تنظم السلوك والانتباه، وله آثار محددة أُخرى على الدماغ. وغالباً ما قيل إن الإثارة مرتبطة ارتباطاً أساسياً بالانتباه. إذا كان هنالك إثارة منخفضة يكون العقل مرتاحاً وموجات الدماغ بطيئة وعميقة والتفكير واضحاً وشاملاً ولكن إذا كانت الإثارة مرتفعة يصبح العقل مُرَكَّزاً ويصبُّ انتباهَه على المهمة التي في متناول اليد. من الضروري أن يكون هنالك مستوى محدد من الإثارة للتركيز، كما يتضح ذلك عندما نحتاج أن نقرأ أَو نفهم شيئاً في ساعة متأخرة من الليل. أما

المستويات العالية من الإثارة فتؤدي إِلى توجيه الانتباه، بعيداً عن التفكير، باتجاه إدراك التهديدات المحتملة، كما تسبِّب حالة مفرطة من اليقظة مصحوبة بقلق شديد. قد يكون هذا أمراً حسناً لرجل كَهْفِنا حيث اكتشاف التهديد كان أكثر أهمية من التفكير العام. ولكن قد يكون هذا أمراً مزعجاً لمديرٍ عصري يحمل أكثر مما يطيق، يستلقي مستيقظاً على سريره ليلاً في الغابة المدنية.

جيروم كاغان Jerome Kagan، أستاذ علم النفس في جامعة هارڤارد، درس طبيعة الجبن عند الأطفال. اكتشف كاغان أن بعض الأَطفال يروق لهم أن يقتربوا من الأشياء الغريبة والأشخاص الغرباء، بينما أَطفال آخرون لا يروق لهم ذلك. وقد دعا كاغان هؤلاء بالأَطفال المكبوتين وغير المكبوتين. ولا يشكِّل هؤلاء الأَطفال طرفي طيف من السلوك وإنما يشكِّلون نوعين مميزين من الناس. ولكل نوع مصدر وراثي مميز. والاختلاف الرئيسي بين الأَطفال المكبوتين وغير المكبوتين هو مستوى الإثارة اللاإرادي (ANS والأدرينالين). للأَطفال المكبوتين مستوى إثارة مرتفع تماماً، كما جاء في نظرية إسينك Eysenck. ويقول كاغان Kagan للأَطفال المكبوتين وغير المكبوتين حدود مختلفة من قابلية الإثارة في المراكز العاطفية للدماغ. للأَطفال المكبوتين مراكز عاطفية يسهل إثارتها، وتنشط هذه المراكزُ الهايبوتلامس لتنبه ANS وRAS، وهذا يسبِّب الإثارة التي بدورها يمكن أن تُنَشِّط جهاز الكبح السلوكي الذي يؤدي إِلى الكبت. وباختصار نقول إن الأَطفال المكبوتين أكثر عصبية. وغالباً ما يبدأ الأَطفال

المكبوتون كأَطفال صغار مكبوتين ويكبرون ليكونوا مكبوتين. والكبت هو العنصر الأساسي للخجل والانطواء والجبن. ويَعْتَقِدُ كاغان Kagan أن الجبن نزعة وراثية، علماً أن المعرفة والفكر يعدلان أسلوب التعبير عنه. هنالك في الواقع دليل جديد بالاعتبار يُظْهِرُ القلق، على الأقل جزئياً، أنه موروث. لقد أظهرت دراسة مثلاً أن مستوى القلق في التوأمين المتشابهين أكثر بنسبة (65 بالمئة) من التوأمين غير المتشابهين (13 بالمئة). وتقول نتيجة هذه الدراسة إن القلق مرتبط بالإثارة، وللناس المختلفين مستويات مختلفة من الإثارة والقلق تنشأ جزئياً عن أجهزة العاطفة وأجهزة الإثارة لديهم.

يقع الهايبوتلامس تماماً فوق سقف حلقك. وتقع البقع المتعددة من الخلايا العصبية التي تكوّنه على جانبي بحيرة مظلمة، وهي البطين الثالث للدماغ، التي اعتُقِد في العصور الكلاسيكية أن أرواح الحيوانات تسبح فيها. إن الهايبوتلاموس مركز دوافع الدماغ الذي ينظم الجوع والعطش والرغبة الجنسية والغضب والإثارة. ولكنه لا يثير هذه الانفعالات بصورة استبدادية كما كان يعتقد الإغريق. يُشْبِهُ الهايبوتلاموس في الواقع صورة تخيلها بليك Blake عن إسحق نيوتون Newton كعالم رزين يقيس ويأخذ قياس كل شيء ويحسب «ماذا يكون هذا الشيء»، وكم انحرف «عن ما هو مطلوب»، ثم يقوم بالنشاط المناسب ليصحح الفجوة بين «الأمور كما هي عليه» و«كيف يجب أن تكون». والهايبوتلاموس يقيس في الواقع كل شيء تقريباً يجري في الجسم والعقل: إنه يقيس الطعام والوقود والملح

والماء وذلك بمراقبة محتويات الدم. إنه يقارن هذه القِيَم مع قِيَم مستهدفة ومحدّدة سلفاً ويعدل دوافع الجوع والعطش لينبّه برفق القِيَم الواقعية القريبة من الهدف المطلوب. إنه يقيس درجة حرارة الجسم، ويرسل، كصمام الحرارة، رسائل لتنظيم تشكيل الحرارة أَو تبديدها بصورة مناسبة. هذا الصمام الجسدي يمكن أن يتعدل قليلاً بأحوال كالمرض، ولذلك يمكن أن ترتفع درجة حرارة الجسم على شكل حُمّىٰ. ويراقب الهايبوتلاموس المرض من خلال مواد كيميائية يطلقها جهاز المناعة. يحتوي الهايبوتلامس على ساعة، ساعة جسدية، ليحافظ على تعاقب الليل والنهار، ويسوي مستوى الإثارة ودورة النوم واليقظة لتنظيم الوقت. ولا يراقب الهايبوتلاموس الجسم فقط وإنما يراقب مسار العقل كذلك. ويرتبط بصورة خاصة بمراكز العاطفة في الدماغ التي تحيط به كما يحيط المهد بالطفل. ويرى الهايبوتلاموس العالم من خلال ضباب من العواطف. أما المعلومات الحسية التي تأتي من خلال العيون والآذان والجسم فتمر عبر المهاد البصري (منفذ تدخل من خلاله المعلومات الحسية إِلى العقل) ومن ثم تتابع إما إِلى العقل السليم في القشرة الدماغية الموجودة على سطح الدماغ أَو إِلى العقل العاطفي الذي يحيط بمركز الدماغ. وتجري مقارنة داخل المراكز العاطفية بين المعلومات الحسية والذاكرة العاطفية لمعرفة إذا كان للمعلومات الحسية أي مضمون عاطفي متعلق بها كصفات مثل «مرعب» و«لذيذ» و«جذاب جنسياً»، وغالباً ما تتطلّب هذه التسمية العاطفية مساعدة العقل السليم، ولذلك

هنالك الكثير من تبادل المعلومات قبل أن يُقَرَّر الاسم: ولكن إذا تطلب الأمر عملاً سريعاً، عندئذٍ تقرّر المراكز العاطفية ما يلزم. وإذا احتاج الجسم والعقل تنبيهاً وإثارة، إذا لاحظت المراكز العاطفية أن هنالك تهديداً خطيراً، عندئذٍ ينشط الهايبوتلامس ليطلق إنذار الخطر من خلال جهاز ANS في الجسم وجهاز RAS في الدماغ. ويعمل الهايبوتلاموس، إلى حدٍ ما، من خلال مراقبة النشاط العاطفي للدماغ تماماً كما يراقب النشاط الطبيعي للجسم، ويعمل على تصحيح أي انحراف عمّا هو قاعدة أَو معيار. إن الهايبوتلاموس هو مركز الدوافع للدماغ، ويَسُوسُ كل الانفعالات، ولكن هذه الانفعالات ليست عمياء.

سايكولوجيا النشاط

كيف يرتبط الجسم والعقل بالشعور النشيط أَو الشعور التعب؟ هل حقاً يماثل الشعور بالنشاط، نشاطاً أكبر للجسم والعقل؟ ربما نعرف كل ما كان علينا أن نعرفه عن آلية إمدادات الطاقة في الجسم والدماغ. ولكن هذا الأمر عديم الفائدة إِلاَّ إذا كان ذلك يؤثِّر على شعورنا بالنشاط والإثارة والتعب والإجهاد. وهذا أمر مهم بصورة حيوية لأننا إذا عرفنا أي مشاعر النشاط والتوتر تماثل في الجسم والدماغ سنتمكّن أن نفسّر رسالتها أَو نقاومها بصورة أفضل. في هذا القسم سننظر إِلى موضوع عملي للغاية ولكنه غامض ظاهرياً، وهو موضوع العواطف والأمزجة اليومية. لقد بين بحث نفسي حديث أن شعور النشاط والتعب شعور مركزي بالنسبة

للأمزجة اليومية وتوصل البحث إِلى أساليب عملية لتنظيم مستوى نشاطنا النفسي.

وإذاً، ماذا تعني عندما تقول إنك تشعر بالنشاط أَو تقول إنك تفتقر إليه؟ ربما تشير إِلى شعور شخصي أَو إِلى قدرتك على فعل شيء ما أَو إِلى رغبتك لفعل شيء ما. وربما تشير بهذه الأقوال إِلى جسمك أَو عقلك. ويختلف الجسم النشيط والعقل النشيط عن الجسم المتعب والعقل المتعب، كما يشعر صاحبهما أنه مختلف عن صاحب الجسم والعقل المتعبين. ويمتلئ الجسم، المشتمل على عضلاتنا وجلدنا وأنبوبنا الهضمي وقلبنا، بالأَعصاب الحسية التي تخبر العقل كيف يشعر الجسم. وتكتشف هذه الأشياء التوتر الموضعي أَو الشد أَو الضغط أَو الألم أَو الكيمياء. وتخبر الدماغ باستمرار عن نشاط الجسم. ونحن بدورنا نفسِّر هذه الإشارات بعبارات مثل كلمة نشيط أَو متوتر أَو متعب أَو مجهد. وكلمة شعور لا تعني دائماً الشعور بالنشاط ـ قد نشير بهذه الكلمة إِلى قدرتنا على فعل شيء ما كقدرتنا على صعود درج بدون تعب أَو قدرتنا على التركيز أَو التفكير بسرعة وبوضوح بدون إجهاد أَو العمل أَو اللعب أَو إقامة علاقات اجتماعية مع الآخرين. هذه هي قدرتنا الآن على فعل الأشياء بغضّ النظر عن قابليتنا المكتسبة أَو الفطرية، ولذلك نحن لا نتحدث عن المهارة وإنما عن النشاط. وتتعاظم وتتناقص قابليتنا لتحقيق هذه الأمور أثناء النهار وخلال حياتنا. وعندما نعتقد أننا نستطيع أن نقوم بهذه الأمور فإننا نقول إن لدينا الكثير من النشاط،

وعندما نظن أننا لا نستطيع القيام بها فإننا نقول إننا متعبون ونفتقر إلى النشاط. ولكن القدرة على فعل الأشياء ليست كافية، إننا نحتاج كذلك إلى الإرادة لفعل ذلك. وغالباً ما تشير كلمة نشاط إلى المستوى العام للدافع أو الحافز. وإذا كنا مفعمين بالنشاط نصبح مفعمين بالحماسة والتخطيط والرغبات. نصبح تواقين إلى الأشياء وتواقين للقيام بها. وعندما نفتقر إلى النشاط عندئذٍ لا نتوق لشيء ولا لفعل شيء، باستثناء الذهاب للسرير وإطفاء النور.

طبيعة العواطف والمشاعر وعلاقتهما بالإثارة الجسدية، كانت فكرة مركزية في تاريخ علم النفس. لقد أتى أبو علم النفس، وليام جيمس William James (1842 ـ 1910) بفَرَضية مذهلة تقول إن العاطفة ما هي إلاَّ سلوك جسمنا وإدراكنا لهذا السلوك. كان جيمس، وهو أخو الروائي هنري جيمس، من أعظم علماء النفس والفلاسفة الأمريكيين. وشرح فرضيته المضادة للحدث على هذا النحو:

«تقول البديهة، لقد فقدنا ثروتنا، لذلك نشعر بالأسف والحزن. إننا نواجه دباً، لذلك نخاف ونهرب. يُهيننا منافس لذلك نغضب ونضرب. وتقول الفرضية هنا. . . إننا نشعر بالأسف لأننا نبكي، إننا نشعر بالغضب لأننا نضرب، إننا نشعر بالخوف لأننا نرتعش. وبدون الحالات الجسدية التي تأتي بعد الإدراك الحسي، فإن الإدراك سيكون معرفة محضة في شكلها، باهتة لا لون لها وخالية من الدفء العاطفي. قد نشاهد الدب بعدئذٍ ونرى أنه من الأفضل أن نركض

هرباً، وقد نتلقّى الإهانة ونرى أنه من الصواب أن نضرب. ولكن لا ينبغي في الواقع أن نشعر بالخوف أَو الغضب».

أتى كارل لانغ Carl Lange بنظرية مشابهة بالوقت نفسه تقريباً تؤكد على التغيرات التي تسبِّب الإثارة في جهاز الدوران كارتفاع الضغط الزائد وإدراكنا الحسي بهذه التغيرات. ونتيجة لذلك، النظرية التي تقول إن العاطفة هي إدراكنا الحسي لاستجابة أجسامنا أصبحت تُعرف باسم نظرية جيمس ـ لانغ عن العواطف. وتقول فرضيتهما إن ما نشعر به كعاطفة ما هو إلاّ إدراكنا لاستجابتنا الفيزيولوجية والسلوكية لمنبهات مثيرة. وتؤكد نسخة معدلة حديثاً على استجابات الجهاز العصبي الودي التي تسبِّب التعرّق وخفقان القلب بقوة وتوتر معدتنا وأنبوبنا الهضمي. إننا نشعر بهذه الأمور، وإن الشعور هو العاطفة. وعندما تضطرب معدتك قبل امتحان هام فإن ذلك جزء من القلق وكذلك برودة جلدك وخفقان قلبك بقوة. أما التوتر الذي يصيب الرقبة والفكّ فهو جزء هام من الشعور بالأَعصاب المشدودة. أما شعورنا بتقلّص عضلاتنا أثناء العدو فهو جزء من إحساسنا بالنشاط. ويتكون شعورنا بالخوف بتراكم خفقان القلب بقوة واضطراب المعدة وارتعاش الأطراف وجفاف الفم وبرودة جلدنا؛ وعندما نشعر بهذه الأمور نعرف أننا خائفون.

في الواقع، هذه نظرية مضادة للحدس لأنها تقول إن العاطفة تأتي بعد استجابتنا لموقف ما. عندما نرى تهديداً، ينشط جهازنا الودي ذاتياً ويسبِّب خفقان القلب بقوة... إلخ، ومن ثم تأتي العاطفة

عندما ندرك هذه الاستجابات. وإذاً لا تسبِّب العاطفة حدوث هذه الأمور ـ وإنما إدراكنا أن هذه الأمور تحدث أَو أنها حدثت.

هنالك نصوص معدلة حديثاً عن نظرية جيمس ـ لانغ أكَّدَت على الوجه. درس تشارلز داروين Charles Darwin تطور العاطفة بلغة تعابير الوجه التي ترى أن البشر والحيوانات هم الذين يختارون تعبيراً مميزاً لكل عاطفة. وهكذا نجد أن تعبير العاطفة ما هو إِلاَّ، على الأقل جزئياً، محصلة الوراثة أكثر من كونه محصلة الثقافة. إِلاَّ أن الباحثين المعاصرين أتوا باكتشاف مفاجئ يقول إن تعبيراً محدداً للوجه يؤدي بنا إِلى شعورنا بالعاطفة المماثلة لهذا التعبير. وهكذا، إذا اخترنا لأنفسنا وجهاً حزيناً فإننا نصبح حزينين. إذا أظهرنا على وجهنا صورة الزمجرة فإننا نصبح غاضبين، وإذا ابتسمنا نصبح سعداء. ويبدو هذا الأمر سخيفاً ولا يمكن تصديقه، إِلاَّ أن نتيجة هذا البحث تكرّرت عدة مرّات. وهنالك من قال إن الناس يستطيعون أن ينظموا شعورهم الشخصي بالتحكم بتعابير وجوههم. ومن الصعب أن لا تكون سعيداً عندما تبتسم. جرّب ذلك الآن.

نظرية جيمس ـ لانغ انتقدها بشدة فيما بعد وولتر كانون Walter Cannon. أصبح الفيزيولوجي الأمريكي، وولتر كانون (1871 ـ 1945) رئيس قسم الفيزيولوجيا في جامعة هارڤارد، تقريباً في الوقت الذي تقاعد فيه جيمس James. أشار كانون Cannon إِلى عدد من نتائج تجارب تتناقض مع نظرية جيمس ـ لانغ. أولاً، يستمر الناس

بالشعور بالعاطفة حتى بعد قطع الصلة بين المعدة والقناة الهضمية من جهة والدماغ من جهة أُخرى. وتختفي الإحساسات الصادرة عن الأعضاء. وتبقى عواطف القلق. ثانياً، إن استجابة أعضاء الجسم بطيئة للغاية ولا تفسر العاطفة الفورية التي تشعر بها في المواقف المهدِّدة أَو المواقف المثيرة للغضب. ثالثاً، بالرغم من أن عواطفنا تتنوع بصورة واسعة، إِلاَّ أن استجابات الجهاز العصبي الودي تجاه جميع أنواع الإثارة استجابات متشابهة تقريباً. يحرض الخوف والغضب الجهاز العصبي الودي مشكّلاً استجابةً مُكرَّرةً لا تتغيّر في الجسم. ولكن إذا كانت العاطفة ناشئة عن الجهاز العصبي الودي أَو عن إدراكنا الحسي لآثارها، فكيف نحس بهذه العواطف المختلفة بإحساسات مختلفة.

لقد اكتُشِفَ، بعد أن قام كانون Cannon باعتراضاته، أن استجابات جسدية مختلفة قليلاً تحدث فعلاً فيما يتعلق بالعواطف المختلفة. ولذلك ضَعُفَتْ على نحو ما اعتراضات كانون Cannon الأخيرة. ولكن هنالك من قام كذلك باختبارات على نظرية جيمس ـ لانغ. لقد حُقِنَ بعض الناس بالأدرينالين وهو هرمون الكر أَو الفر والذي يسبِّب معظم الاستجابات الفزيولوجية بالنسبة لتحريض الجهاز العصبي الودي. فإذا كان رد الفعل لهذه الاستجابات الفيزيولوجية خوفاً أَو غضباً، عندئذ يجب أن يؤدي حقن الأدرينالين في الجسم إِلى الخوف والغضب. ولكن بالرغم من أن الناس الخاضعين للتجربة لم

يشعروا بشيء، وربما شعروا قليلاً، بعاطفة باردة ـ كأنّهم خائفون أَو غاضبون. ولكن أحداً من الخاضعين للتجربة لم يحسب أن العاطفة الباردة عاطفة حقيقية.

النظرية التي أتى بها كانون Cannon لتحل مكان نظرية جيمس ـ لانغ اكْتَشَفَتْ أن مكان العاطفة يقع في محيط العصبون من الدماغ، وليس في الجسم. وقال إن المنبهات التي تثير العاطفة كانت تُنَشِّط مراكزَ العاطفة الواقعة في قاعدة مركز الدماغ. وكانت تقوم هذه المراكز بأمرين: أولاً كانت هذه المراكز تُنَشِّطُ الجهاز العصبي الودي وبالتالي كانت تُنشِّط الجسمَ. وثانياً كانت تُنَشِّطُ أجهزة الدماغ العلوية التي كانت تثير المشاعر العاطفية. في الحقيقة، لم تكن العواطف واقعة في المراكز العاطفية، وإنما كانت هذه المراكز تعمل كمصادر للحوافز التي تُنَشِّطُ محيطات العصبون الموجودة في نصفي كرة الدماغ وعلى سطحه. وكانت هذه المحيطات تثير الإحساس الواعي للعاطفة. ويمكن لمراكز عاطفية مختلفة أن تُنَشِّط محيطات مختلفة وبالتالي أحاسيس عاطفية مختلفة. وهكذا نجد، حسب نظرية كانون Cannon أن الإثارة كانت تسبِّب أحاسيس في الدماغ تختلف باختلاف الظروف.

فيما بعد، عدَّل بعض العلماء نظريته بقولهم إنه يمكن للإثارة العامة أن تسبِّب بعداً للتوتر بالنسبة للحالة العاطفية أَو السلوك الذي يعبر عنها. وهكذا لم تُماثِل الإثارة عاطفة محددة من «الإثارة»، ولكن كانت تماثل شدة زائدة عن عاطفة ما مهما كانت هذه العاطفة. وإذاً،

إن حالةً مُثَارَةً من الجنس أَو الخوف أَو الغضب لم تكن تشارك شعوراً عاماً من الإثارة، ولكن كانت تشارك حقيقة وهي أنّها كانت حالات شدة مفرطة يشعر بها المرء ويعبّر عنها بقوّة.

يقبل الكثير من علماء النفس اليوم حلاً وسطاً بين نظرية جيمس ـ لانغ ونظرية كانون عن العاطفة. إنهم يرون العاطفة مكونة من الإدراك الحسي والإحساس الصادرين عن الجسم بالإضافة إِلى الوجه. أما الإدراكات والأحاسيس فتنشأ عن الدماغ ذاته. وعلى كل حال تؤكد النظريات المعاصرة كذلك على أدوار الدافع والتفكير في العاطفة.

فهل القلق، إذاً، شكل شديد من الإثارة؟ الجواب «لا» غالباً، يشير عدد من الدلائل أن العواطف الإيجابية والسلبية أجهزة مختلفة كلياً. لقد استنتج الفيزيولوجيون الذين درسوا وصف الناس لعواطفهم أن العواطف الإيجابية والسلبية عبارة عن أبعاد من المشاعر مختلفة كلياً. كما أن هنالك دليلاً من الآثار العاطفية للعقاقير ويمكن أن يعالج القلق بواسطة البينزوديازيبين benzodiazepines والعقاقير الأُخرى التي تعمل حسب متقبلات غابا Gammaaminobutyrie acide GABA في الدماغ. ولكن لهذه العقاقير أثراً ضئيلاً نسبياً على الإثارة والانتباه. وهذا يعني أن القلق ليس مجرد مستوى زائد من الإثارة. وعلى كل حال، لا يزال الأمر صحيحاً عندما يقال إن الإثارة الزائدة غالباً ما تسبِّب القلق. وإن هنالك علاقة وثيقة بين هاتين الحالتين.

تترافق حالة عاطفية من التوتر، بشد الجسم أَو توتره لأن الجهاز

العصبي الودي وجهاز التنشيط الشبكي والأدرينالين تجعل عضلات الجسم تزيد من توترها وذلك بتقليصها قليلاً. ويؤدي الضغط النفسي إِلى حالةٍ طويلةٍ من التوتر الذي يمكن أن يؤذي عضلاتنا ويسبِّب لنا صداعاً. أما جانب من المعنى الذي نقصده بكلمة «توتر» فهو الإدراك، من خلال أَعصابنا الحسية، أن جسمنا، عند مقارنته بالعقل، متوتر. والتوتر العضلي يُشَكِّلُ جزئياً أَو يسبِّب العاطفة. ولذلك غالباً ما تُركِّزُ أساليب الاستجمام على تليين العضلات لأن ذلك يريح العقل. وتهدف كذلك المعالجة القائمة على التدليك والحركة، كرياضة اليوغا، معالجة الضغط النفسي بإبعاد التوتر العضلي.

يختلف الإجهاد العضلي عن التوتر العضلي. وعلى نحو ما، نعبر عما نقصد بكلمة الشعور بالإرهاق أَو التعب أَو انخفاض النشاط. ونشعر بالعضلات المجهدة على نحو مختلف، لأن لها كيمياء وتوتراً مختلفاً. وينقل الكثير من الخيوط العصبية الحسية الموجودة في العضلات هذه المعلومات إِلى المخ. وتصبح العضلات المجهدة حامضية بسبب تشكّل الحامض اللبني، كما يرتفع البوتاسيوم خارج الخلايا لأنه يُطْردُ أثناء التقلّص. قد تتقلص العضلة أَو ترتخي ببطء أَو تتوتر ببطء عندما تتقلص بكاملها. ونستطيع أن نكتشف جميع هذه الميزات في عضلاتنا لأنها مليئة بأَعصاب حسَّاسة تجاه التوتر أَو المط أَو المواد الكيميائية. وتؤلم العضلات الملتهبة أَو المصابة بأذىً بسبب تحريض متقبلات الألم. وفي نقيض واضح للإجهاد، نقول إن

تنشيط الجهاز العصبي الودي وإطلاق الأدرينالين يسبِّب توتراً عضلياً زائداً أَو رعشة وحساسية وقوة زائدة للتقلّص. وعند مشاهدة هذه التغيرات فإننا قد نشعر أننا أصبحنا أكثر قوة ونشاطاً وأكثر رسوخاً.

وعلى كل حال، أعراض تنبيه الجهاز العصبي الودي ـ وهي معدل زائد للقلب والتنفّس، وتعرّق وتشنج في المعدة، وتوتر مرتفع في الرقبة والفك والعضلات الأُخرى ـ يمكن أن تفسّر بلغة النشاط أَو التوتر أَو القلق أَو الضغط النفسي، متعلقاً ذلك بتفكيرنا أَو شعورنا الذي يدور في دماغنا في ذلك الوقت. وتفسّر أحاسيس جسمنا في سياق ما يجري في الدماغ. وليس هنالك شعور بارز، على نحو بين، في العقل يرافق النشاط العقلي المحرِّض أَو القوي، وإنما هنالك حدة في الفكر والشعور. علماً أن الشعور بالخطر والتوتر والخوف والقلق، تشتمل جميعها على مشاعر عاطفية شخصية بارزة. النوم والنعاس والتعب أيضاً تترافق بمشاعر مبهمة ولكن مميزة علماً أننا عندما نصف أنفسنا بالنعاس، فمن المحتمل أننا نحكم على قدراتنا العقلية إضافة إِلى مشاعرنا.

تقييم أنفسنا بأننا نشعر بالنشاط أَو التعب، غالباً ما يكون تقييم معقّد، ومن المحتمل أننا نستخدم معايير مختلفة في ظروف متنوعة. ولا يشتمل هذا على تقييمنا لأحاسيسنا فقط (الصادرة من الجسم والدماغ) ولكن على قدراتنا (الجسدية والفكرية) وكذلك دوافعنا. وكلمة نشاط كلمة نسبية، ولذلك نُقَيِّم نشاطنا نسبة إِلى ما نتوقع أَو نسبة إِلى ما شعرنا به في الماضي. وإذاً، قد يُقَيِّمُ أناس مختلفون، أَو

الشخص نفسه، في ظروف مختلفة، الحالة نفسها على نحو مختلف.

وإذاً، نستطيع أن نُقَيِّم أنفسنا كناشطين أَو مُتَوَتِّرين أَو غير ذلك، ولكن في أي ظروف نفعل ذلك؟ روبرت ثاير Robert Thayer، أستاذ علم النفس في جامعة ولاية كاليفورنيا، درس منشأ الشعور اليومي للنشاط والتوتر والضغط النفسي عندما طلب من الناس أن يُقَيِّموا فيما إذا كانوا يشعرون بالنشاط أَو التوتر في ظروف مختلفة. ويميِّز روبرت ثاير بين أربعة طباع رئيسية نواجهها كل يوم: نشاط هادئ، وتعب هادئ، ونشاط متوتر، وتعب متوتر. أما النشاط الهادئ فيمثِّل الطبع الجيد المثالي حيث نشعر بالنشاط والإثارة، ولكن بدون أي توتر أَو قلق. أما التعب الهادئ فيمثِّل كيف يمكن أن نشعر بعد التمارين أَو قبل الذهاب إِلى السرير، متعبين ولكن في حالة استرخاء. ويمثِّل النشاط المتوتر كيف يمكن أن نشعر عندما نعمل في مشروع هام، أي إثارة ونشاط كامل ولكن قلق ضئيل أَو حِدَّة. يجد بعض الناس (شخصيات من الدرجة الأولى أَو من مدمني الأدرينالين) هذا الطبع ساراً، ويبحثون عنه في المتابعات الخطرة والأفلام المثيرة أَو الأعمال الصعبة. ويمثِّل التعب المتوتر الطبع السيء الكلاسيكي، حيث نكون قلقين ومجهدين ولكن بدون نشاط لكي نعالج به ذلك التعب. يمثِّل الأَطفال الصغار في نهاية اليوم، وقبل تناولهم وجبتهم، هذا الطبع. أما البالغون في الحالة نفسها فإنهم عرضة للغضب والجدل والتشاؤم والإحباط.

ما الذي يحدد درجة نشاطنا الذي نشعر به؟ اكتشف ثاير Thayer

عدداً من العوامل الحاسمة. أولاً هنالك إيقاع يومي للنشاط. طلب ثاير من أناسٍ أن يقدّروا درجة نشاطهم حسب مقياس مكون من درجةٍ واحدة إِلى خمس درجات في أوقات مختلفة من النهار في اليوم. وأخذ متوسط النتائج خلال عدد من الأيام. ووجد ثاير أن هنالك دورة نشاط رئيسية. يشعر الناس بدرجة منخفضة من نشاطهم عندما ينهضون صباحاً. ولكن يزداد شعورهم بالنشاط باستمرار ليصل إِلى الأوج في فترة الضحى. بعدئذٍ ينخفض النشاط عموماً خلال منتصف الظهيرة حتى وقت متأخر من فترة ما بعد الظهر. ثم يرتفع إِلى الأوج مرة أُخرى في أول المساء ثم ينخفض إِلى أدنى درجة قبل الذهاب للنوم. ومما لا شك فيه أن ليس للجميع الإيقاع نفسه. فهنالك من ينشط في الصباح وآخرون كالبوم ينشطون ليلاً. ويعني هذا الإيقاع الرئيسي عموماً أننا أقدر ما نكون لمواجهة المشاكل في فترة الضحى أَو في أول المساء. وتنخفض قدرتنا إِلى الحضيض في الصباح الباكر وفي وقت متأخر من المساء وعند منتصف الظهيرة حتى وقت متأخر من فترة ما بعد الظهر. من المحتمل أن نقع في حالة التعب المتوتر (السيء) بالطبع عندما يتزامن موقف مُجْهِد نفسياً مع حالة نشاط منخفض من اليوم. قد نكون متفائلين بإفراط خلال أوج نشاطنا ومتشائمين بإفراط خلال انخفاض نشاطنا. لذلك ينصحك ثاير Thayer أن تعرف دورة نشاطك اليومي الخاصة بك وَتُقَيِّم أفكارك الحالية ومشاعرك وعلاقاتك وقراراتك. كما عليك أن تعرف أين موقعك على مسار التعب والنشاط.

وهنالك عامل هام آخر يؤثِّر على درجة شعورنا بالنشاط وهو التمرين. ولكن علينا أن نميز بين آثاره على المدى القصير والطويل. لقد وجد ثاير Thayer أنه إذا سار الناس بسرعة لمدة عشر دقائق فإنّهم يشعرون بمزيد من النشاط. ويدوم هذا الأثر المنشط لمدة ساعة على الأقل بعد التمرين. وهذه النتيجة المثيرة يستطيع أن يحصل عليها أي شخص بسهولة ليزيد مستويات نشاطه. ولكن الأثر العاجل على المزاج لتمرين منخفض المستوى أثر مختلف نوعاً ما عن نتائج التمرين الشديد أَو طويل المدة. ويمكن لنصف ساعة من التمارين البدنية أن تؤدي إِلى شعور فوري من الإرهاق. ولكن غالباً ما يزيد بصورة كبيرة الشعور بالنشاط بعد ساعة أَو نحوها فيما بعد. يرفع برنامج تمرين طويل المدة مستوى لياقتنا، ويؤدي كذلك إِلى تحسّن ثابت في درجة شعورنا بالنشاط. إن التمرين علاج من أكثر العلاجات الفعّالة فيما يتعلّق بالاكتئاب والقلق. وأظهرت دراسات كثيرة أن نظام التمرين يُنْقِصُ الاكتئاب السريري، كما أنّه علاج فعَّال في الواقع كفعالية برنامج للمعالجة النفسية. وبَيَّنَتْ دراسات أُخرى كذلك أن التمرين يخفِّف القلق الحاد والمزمن. وإذا أخذنا بعين الاعتبار الفوائد الصحية البدنية، فإن التمرين سيكون، كما يبدو، الدواء لكل داء. ولكننا، لسوء الحظ، نفتقر إِلى الدافع للتمرين.

للطعام، كما يبدو، أثر هام على شعورنا الشخصي بالنشاط، علماً أن هنالك دليلاً ضئيلاً بربط الطعام بالطبع إِلاَّ في شروط متطرفة

نسبياً. ويسبب الجوع أَو شبه الجوع، كما تبين، شعوراً بالتعب دائماً، وذلك في دراسة منظمة جرت لرافضي حمل السلاح خلال الحرب العالمية الثانية. وهنالك من وجد نتائج مشابهة في ضحايا المجاعة. ويسبب انخفاض مستوى سكر الدم تعباً متوتراً في الناس، وخاصة في مرضىٰ داء السكر الذين لا يستطيعون ضبط مستوى سكر دمهم على نحو ملائم. ولكن هل يحدث هذا في الناس العاديين بعد أن تفوتهم وجبة طعام مثلاً؟ لقد كان من الصعب أن نثبت ذلك علماً أن هنالك بعض الدلائل المادية تشير إِلى زيادة معتدلة في التعب المتوتر. ويعتقد معظم الناس أن الصوم يسبِّب تعباً أَو توتراً وأن الطعام يبطل هذا الشعور. وقد يكون ذلك دافعاً هاماً لتناول طعام أَو وجبة خفيفة. لقد درس ثاير Thayer الآثار التي ظهرت على الطبع والتي ذكرها الناس بعد تناولهم قطعة من الحلوى. وأخذ المعدل المتوسط لعدد كبير من هذه التجارب. فوجد أن شعورهم الشخصي بالنشاط ازداد كما كان متوقعاً مباشرة بعد تناولهم قطعة الحلوى. ولكن بعد ساعة، انخفض النشاط إِلى مستويات أدنى من تلك المستويات قبل تناول الحلوى كما أن الشعور بالتوتر قد ازداد. وقد تكون خصائص التنشيط الفوري للمأكولات أَو المشروبات مرتفعة السكر هي التي تدفعنا لاستعمالها عندما نكون متعبين. وعلى كل حال، علينا أن ندرك أنه قد يَكْمُنُ، وراء تلك الاستجابة الإيجابية الفورية، أثر تفريغ النشاط متوسط المدة للسكر. وإن وجبة كبيرة

تجعل الكثير من الناس يشعرون بالنعاس وتجعل البدينين يشعرون بالتعب. إن الآثار الكثيرة للطعام التي تظهر على الطبع آثار معقدة، على نحو واضح، إضافة إِلى أنه يصعب تحليلها.

إن أثر المرض على النشاط أكثر وضوحاً. يشعر الأصحاء أنهم أكثر نشاطاً من المرضى. وأظهرت دراسات كثيرة أن الشكوى الأكثر انتشاراً التي يسمعها الأطباء هي الإرهاق والافتقار إِلى النشاط. ولنضرب على ذلك مثلاً؛ قام الدكتور باكوولد Buckwald وزملاؤه بدراسة حالات لخمسمئة مريض بحاجة لمعالجة طبية فُحِصوا في مركز الصحة العامة بالقرب من مدينة بوسطن. ووجدوا أن نسبة 37 بالمئة كانوا يشعرون بالتعب، ولمدة شهور غالباً، قبل طلب العلاج. أما الناس الذين يشعرون بالنشاط غالباً ما يكونون أصحاء، بينما أولئك الذين يشعرون بالتعب كل الوقت يكونون مرضى أَو سرعان ما سيمرضون. إن الكثير من الأمراض تؤدي إِلى شعور بنشاطٍ آخذٍ بالتناقص. قَيَّمَتْ جين ديكسون Jane Dixon، مع زملائها في جامعة ييل Yale، الحالة الصحية والطبع لأكثر من ثلاثمئة ممرضة، واكتشفت أن مستوى نشاطهم كان له أكبر علاقة بالحالة الصحية العامة. علاوة على ذلك، كان النشاط أقوى مؤشر يتنبأ بالصحة البدنية والنفسية. إذاً، يمكن للشعور بالنشاط أن يعمل كإشارة عن الصحة الحالية، وإشارة تتنبأ عن الصحة أَو المرض في المستقبل.

إن للنوم، أَو الافتقار إليه، تأثيراً واضحاً على درجة شعورنا بالنشاط. وحاجتنا للنوم تتبع دورة يومية تلائم الدورة اليومية لشعورنا

بالنشاط. وتصبح الدورة باطنية النمو واضحة إذا غيرنا فجأة الوقت الذي ننام فيه كما هو الحال عندما نطير عبر مناطق زمنية مختلفة. وينشأ عن ذلك إرهاق وضيق لأن ساعتنا الجسدية تستمر في تشكيل دورة ذات أربع وعشرين ساعة من النشاط يتبعها تعب يتزامن مع النهار والليل لمكاننا الجديد. قد يسبِّب الأرق والحرمان من النوم إرهاقاً. وأظهر بحث أن نسبة تصل إِلى ثلث الأمريكيين ربما يعانون من أرق يؤدي إِلى تعب بارز وقت النهار.

ربما هنالك أيضاً دورة موسمية للنشاط، علماً أنّه ليس هنالك دليل مباشر على ذلك نجده في السكّان عموماً. وعلى كل حال يَعتقدُ بعض الباحثين أن خمسة بالمئة أَو أكثر من السكان يعانون من اضطراب عاطفي موسمي SAD، وهو اكتئاب متعب محدود الأثر وعادة يَحْدُثُ خلال الشتاء. ويتميز بالخمول والقلق وزيادة الوزن ورغبة في السكريات والنشويات ونوم متزايد ونعاس وليبيدو libido آخذ بالتناقص. ويمكن علاج ذلك بالضوء. وقد أدَّى ذلك إِلى نظرية تقول إن هذا الاضطراب ناشئ عن الحاجة إِلى الضوء أيام الشتاء. وقد يؤثِّر ذلك بدوره على إفراز الميلاتونين داخل الدماغ. إن الميلاتونين هرمون دماغي يُفْرَزُ في الظلام وَيُنَظِّمُ دورة النوم واليقظة. وعلى كل حال، هنالك الكثير من النظريات الأُخرى التي تحاول تفسير الاضطراب العاطفي الموسمي SAD، ولا يزال الأمر غير واضح فيما إذا كان SAD اضطراباً حقاً أم شيئاً طبياً من صنع الإِنسان.

وتؤثر عوامل متنوعة أُخرى على المستويات الملحوظة للنشاط

ومنها العلاقات الاجتماعية والعقاقير. يقول أناس كثيرون إنهم يستخدمون العلاقات الاجتماعية لتعديل الطبع. فإذا كانوا يشعرون بالتوتر أَو انخفاض النشاط، فإنهم يقومون باتصالات هاتفية أَو بزيارات لأناس آخرين لتحسين أمزجتهم وإسعاد أنفسهم. وقد أظهرت بضع دراسات أن تلك استراتيجية ناجحة كما أظهرت أن للناس الذين يقومون بعلاقات اجتماعية مع الآخرين طباعاً إيجابية أكثر من غيرهم. ومن جهة أُخرى، يبدو من غير المحتمل أن الناس الذين يعانون من الاكتئاب أَو القلق أَو اعتزال المجتمع سيستفيدون مباشرة من إقامة علاقات اجتماعية زائدة. والكافائين والنيكوتين والكوكائين والأمفيتامين تزيد، جميعها، الشعور الشخصي بالنشاط، ويستعملها الناس بوعي أَو من غير وعي ليعدلوا مستوى نشاطهم. وعلى كل حال، تنخفض مستويات النشاط بعد ذلك دون المستويات الطبيعية بعد الاستعمال. أما الاستعمال المتكرر فيتطلب مستويات أعلى وأعلى للحصول على الأثر نفسه.

وأخيراً؛ علينا أن نلاحظ نتيجة بحث ثاير Thayer التي تقول إن تقدير الناس لمستوى نشاطهم الحالي، يؤثّر على ما يختارون فعله في حاضرهم وعلى تخمينهم لقدراتهم في المستقبل. ولذلك نحن نضبط واجباتنا بالاعتماد على مقدار نشاطنا الجسدي والعقلي الذي نعتقد أننا نتمتع به. وإذا أصابنا الخمول نهاراً أَو التعب مساءً، فإننا نلتفت إلى أنشطة قليلة الإثارة كالتحدث مع الأصدقاء أَو مشاهدة التلفزيون أَو الاستماع للموسيقى. وإذا كنا مجهدين ذهنياً ولا نستطيع تجنّب مهام

تتطلّب الكثير من النشاط، وإذا كان علينا إنجاز عمل في موعد محدّد، عندئذٍ، يتنبّه الجهاز العصبي الودي، لا مفر من ذلك، مما يؤدي إِلى تغذية زائدة من النشاط ولكن مترافقة بشعور من التوتر والقلق. وفي ظروفٍ كهذه، نبحث عن السكر والكافائين والنيكوتين لرفع مستويات النشاط. ولكن بما أن هذه العلاجات تسبِّب هبوطاً متوسطَ أَو طويلَ الأمد، فربما يكون من الأفضل أن نقوم بسير سريع لمدة عشر دقائق. وعندما نكون في طبع نشيط، فقد نُسْقِطُ تخميننا لقدراتنا على المستقبل ونلزم أنفسنا بواجبات ليس لدينا نشاط كاف للقيام بها. مثلاً، إذا كنا في حالة من الطبع الحسن، قد نوافق أن نضطلع بمسؤولية أَو علاقة جديدتين، أَو نبدأ ببرنامج تمارين أَو نوقف عادة سيئة أَو نذهب إِلى حفلة، ولكن قد نكون متفائلين أكثر مما ينبغي فيما يتعلّق بمقدار النشاط العاطفي والعقلي لدينا حين ينبغي إنجاز هذه الالتزامات. وعندما نكون في حالة من الاكتئاب أَو من النشاط المنخفض، فقد نتجنّب أي التزام مستقبلي يتطلّب نشاطاً عقلياً أَو عاطفياً. في هذه الحالة، قد نكون متشائمين أكثر مما ينبغي فيما يتعلق بقدراتنا المستقبلية التي يمكن أن تقود إِلى هبوط شديد في مقدار ونوعية أنشطتنا. أما الحل الذي يقترحه ثاير Thayer فيقوم على محاولتك معرفة دورات طباعتك الخاصة بك ثم القيام بتخمين واقعي لقدراتك المستقبلية، ولا يقوم الحل على معرفة طبعك الحالي فقط.

الفصل 11

الطاقة الدماغية

العقل ورسله

طبيعة العقل أصعب لغزٍ يواجه البشرية. ولهذا اللغز خصائص ضخمة ترجع إلى آلاف السنين، وتمتد من مركز الدماغ إلى حدود الكون، مسبباً دواراً واكتئاباً أصاب أعظم فلاسفة ومفكري العالم. وعلى كل حال، هذا الفضاء من الجهل، اخترقته عدة إشعاعات من المعرفة ساعدت العلماء في فهم كيفية تنظيم طاقة العقل.

بالرغم من أننا ربما لا نعرف ما هو العقل، إلاَّ أننا نعرف الكثير عن الدماغ. إنه يتألَّف من شبكة من الأسلاك الكهربائية تمتد كالأفعى خلال كتلة من مواد كيميائية عصبونية. وربما هنالك مئة ألف مليون عصبون في الدماغ البشري. ويتلقَّى كل واحد منها معلومات من نحو ألف عصبون، وربما يتحدَّث إلى مئة من العصبونات الأُخرى. تخيل وجود مئة ألف مليون مركز للهاتف، وكل واحد يتحدَّث مع الآخر

ويخلط ويدمج الرسائل التي يتلقاها، ويرسل النتيجة إِلى المئات من مراكز الهواتف الأُخرى. وتأتي معلومات الرسائل من الحواس التي تكتشف البيئة الخارجية والداخلية وترسل النتيجة بعدئذٍ إِلى العضلات لِتُوجِّه ما نفعل ونقول. يشبه الدماغ إذاً كمبيوتراً ضخماً يؤدي سلسلة من الحسابات حسب المعلومات التي تأتي من الحواس، ومن ثم يرسل النتيجة النهائية إِلى العضلات. ولكن، خلافاً للكمبيوتر، يُصَغِّرُ مقدار المواد الداخلة والخارجة وذلك بواسطة النشاط الداخلي. إذا أوقفنا كل المعلومات الحسية والنتيجة الحركية، لا يتوقف الدماغ عن نشاطه. إننا لا نزال نفكّر ونشعر ونعالج المعلومات عندما نرتاح ونغلق أعيننا.

الوحدة التي تنشأ عنها كل الأنشطة الخرافية عبارة عن خلية دماغية، هي العصبون. وما العصبونات إِلاَّ خلايا متفرعة وممتدة على نحو لا يصدق ولكن بصورة دقيقة للغاية. ولذلك كان من الصعب أن نكتشف فيما إذا كانت عصبونات الدماغ مترابطة مادياً ومشكّلة خلية شبكية أَو فيما إذا كانت جدران (أغشية) العصبونات غير مترابطة مشكّلةً خلايا منفصلة، كما هو الحال في بقية أنحاء الجسم. هذه القضية التي أقلقت العلماء في نهاية القرن التاسع عشر، وُجِدَ لها حَلٌّ وذلك باكتشاف قام به كاميلو غولغي Golgi (1843 ـ 1926) الذي يقول إن العصبونات المفردة يمكن أن تصبح مُبَقَّعةً باللون الأسود، في كل مكان من كامل الخلية، وذلك بنقع نسيج دماغي في محلول كرومات الفضة. وتعرف هذه التجربة الآن باسم بقعة غولغي. وقد نتج عن

ذلك صوراً جميلة على نحو لطيف لبنية تشبه الشجرة تمثل عصبونات إفرادية دماغية. وعلى كل حال، اعتقد غولغي Golgi نفسه أن هذه الصور كانت تشير إِلى أن العصبونات كانت مرتبطة مع بعضها وتشكِّل شبكة واسعة تشبه جهاز الأوعية الدموية. وعندما تَبَنَّى سانتياغور رمون إي كاجال Cajal (1852 ـ 1934) بقعة غولغي Golgi واستخدمها في سلسلة من التجارب الناجحة، عندئذٍ رسخت الفرضية التي تقول إن العصبون ما هو إِلاَّ خلايا منفصلة تشريحياً. ومع أن غولغي Golgi وكاجال Cajal تقاسما جائزة نوبل سنة 1906، إِلاَّ أنهما بقيا منافسين لدودين حتى النهاية.

إذا كانت المئة ألف مليون عصبون الموجودة في الدماغ منفصلة تشريحياً عن بعضها فكيف يمكن للرسائل الكهربائية أن تمر عبر العصبون الواحد، وتنتقل من عصبون إِلى عصبون مجاور؟ والجواب: إن هذه الوسائل لا تنتقل وإنما شيء آخر ينتقل. ولهذا الأمر أهمية بالغة، وذلك لمعرفة كيف يعمل الدماغ. وقد قام بهذه التجربة أوتو لووي Otto Loewi الذي كان يعمل في النمسا في العشرينيات من القرن العشرين. كان لووي يبحث في مسألة الإرسال العصبي من الدماغ إِلى القلب عبر عصب يسمى العصب المبهم. قام بعزل قلب ضفدع مع عصبه المبهم السليم وبيَّن أن تنبيه العصب كان يُبطئ خفقان القلب. ولكن لووي أراد أن يعرف كيف تنتقل الرسالة الكهربائية في العصب المبهم إِلى القلب. أكان ذلك بسبب اتصال كهربائي أم كيميائي أم شيء آخر مختلف كلياً. أما التجربة الحاسمة التي أثبتت أن الاتصال

كان كيميائياً فكانت عندما أخذ لووي المحلول الذي غمر القلب بعد تنبيه العصب المبهم ووضعه على قلب ثان ينبض، وبَيَّن أن هذا المحلول الكيميائي كان كافياً بحد ذاته ليبطئ القلب. وقد أظهر هذا بوضوح ولأول مرة أن الأَعصاب المنبَّهَةَ تطلق مادة كيميائية عند نهاياتها وهذا يحقِّق نقل الرسالة من خلية إِلى أُخرى مجاورة.

أما العامل الملْهِمُ الذي نفخ الروح في هذه التجربة الهامة فكان حلماً يتكرّر؛ وَصَفَهُ لووي بكلماته الخاصة به. وكانت كما يلي:

> «في ليلة يوم أحد عيد الفصح سنة 1921، استيقظت وأشعلت النور وكتبت بضع كلمات على عجل على قطعة صغيرة من الورق. ثم عدت للنوم ثانية. وفي الساعة السادسة صباحاً خطر لي أنني كتبت خلال الليل شيئاً بالغ الأهمية، ولكن لم أتمكن من فهم ما كتبت من كلمات على عجل. أما ذلك الأحد فكان أكثر يوم بعث على اليأس في كل حياتي العلمية. وفي الليلة التالية، على كل حال، استيقظت ثانية الساعة الثالثة وتذكرت ما كتبت. وهذه المرة لم أخاطر إطلاقاً. نهضت في الحال وذهبت إِلى المخبر وقمت بالتجربة (على قلب الضفدع) المذكورة أعلاه. وفي الساعة الخامسة بُرْهِنَ بصورة نهائية الإرسال الكيميائي للنبض العصبي. وإن نظرة حذرة أثناء النهار كانت سترفض نوع التجربة التي قمت بها، لأن الأمر يمكن أن يبدو أنه من غير المحتمل أنه إذا أَطْلَقَ النبض العصبي قوة الإرسال فإنه يفعل ذلك ليس فقط بكميات كافية ليؤثِّر على العضو المستجيب، كالقلب مثلاً، ولكن في الواقع بكميات كبيرة على نحو يصعب أن يتسرَّب إِلى السائل الذي ملأ القلب، ولذلك يكتشف».

إذاً، تشق النبضات العصبية الكهربائية طريقها إلى نهاية العصبونات حيث يسبب وصول النبضة نهاية العصب إطلاق مادة كيميائية (المرسل العصبي)، التي تجتاز الفجوات الضيقة بين العصبونات (نقطة الاشتباك العصبي)، بعدئذٍ تؤثر المادة الكيميائية على العصبون التالي لتغير قدرته لكي يطلق، بدوره، النبضات العصبية. ويطلق كل عصبون محدد نوعاً واحداً فقط من المرسل العصبي (عادة)، ولكنه يطلقها لعصبونات مختلفة كثيرة. وهنالك مرسلان عصبيان رئيسيان في الدماغ: ملح الغلوتاميت وغابا GABA. يؤثر ملح الغلوتاميت على العصبون الثاني ليزيد احتمال إطلاقه النبضة العصبية (ولذلك هو مرسل مهيج) بينما تعمل غابا لتنقص الاحتمال (مرسل كابح).

ولكن العصبون لا يتلقى معلومة واحدة من نقطة اشتباك عصبي واحدة. إنه يتلقى الآلاف من رسائل المعلومات. وعشرات الآلاف من نقاط الاشتباك العصبي من آلاف من العصبونات المختلفة تغطي السطح ذا الفروع لعصبون واحد. وعند إطلاقه، تزيدُ أَو تنقصُ المرسلاتُ التي تعمل عند كل نقطة اشتباك عصبي احتمالَ إطلاق العصبون. وَيُصْغي العصبونُ على نحو ديمقراطي إِلى الكثير من هذه الأصوات الصغيرة. كل منها تخبره أن يطلق أَو لا يطلق، ومن ثم يعتمد على التوازن العام للآراء، وبعدئذٍ إما يطلق أَو لا يطلق نبضاً إِلى العصبونات الأُخرى (أَو إذا كان في حالة نشاط، يطلق على نحو أسرع أَو أبطأ). وهكذا يلخص العصبون المعلومات التي قدمتها عصبونات أُخرى من خلال نقطة الاشتباك المزودة بالمعلومات ويبعث

رسالة خلال فروع النتاج (المحاور العصبية) على شكل نبضات عصبية. إن النبضة العصبية عبارة عن إشارة كهربائية واحدة تنتقل خلال المحور العصبي كالموجة. أما معدل النبضات التي يطلقها العصبون (أي عدد النبضات التي تنتقل على طور المحور العصبي في الثانية) فيعتمد على مجموع المعلومات المهيجة أَو الكابحة. عندئذ تعمل هذه النبضات العصبية على إطلاق المرسل العصبي الموجود عند نهاية المحاور العصبية حيث تتشابك مع الكثير من العصبونات الأُخرى. ويعتمد مقدار المرسل العصبي الذي يُطْلَقُ على عدد النبضات العصبية التي تصل إِلى نهايات الأَعصاب في الثانية (نشاط العصبون). إضافة لذلك، يُحَدِّدُ مقدارُ المرسلِ العصبي الذي يُطْلَقُ مقدارَ فعاليته في تهييج أَو كبح العصبون المجاور. وَيَدْمِجُ عصبون واحد، إذاً، المعلومات عن النشاط الكهربائي لكثير من العصبونات التي تتلقَّى المعلومات، وهذا يؤثِّر على نشاطه الكهربائي، الذي يُرْسَلُ بعدئذٍ إِلى الكثير من عصبونات النتاج (المحَاور العَصَبِيّة). وهكذا نجد أن العصبون، أَو شبكة من العصبونات، يستطيع أن يدمج معلومات من بضعة مصادر، كالحواس والذاكرة والعواطف، لكي يضبط إشارة النتاج، التي يمكن في النهاية أن تؤدي إِلى التقلّص أَو الارتخاء العضلي.

إن ملح الغلوتاميت هو المرسل العصبي الرئيسي للدماغ، ولكنه من جهة أُخرى سم قوي للخلايا العصبية. تعمل المستويات المنخفضة من ملح الغلوتاميت كإشارة بين العصبونات أثناء السكتات

الدماغية والأمراض التي تسبِّب التفسخ العصبي مثل مرض ألزهايمر ومرض باركنسون وتصلب الأنسجة الكثيرة. إن ملح غلوتاميت من أكثر المواد المضافة للطعام انتشاراً في شكله الملحي، وهو غلوتاميت أحادي الصوديوم MSG، ويعمل على زيادة النكهة وموجود دائماً في كل الطعام الصيني. إن صلصة الصويا مصدر غني بالغلوتاميت. ولحسن الحظ، إن الغلوتاميت الموجود في الأنبوب الهضمي والدم نادراً ما ينفذ إلى الدماغ لأن الحاجز الواقي للدماغ والدم يمنع الغلوتاميت من العبور من الدم إلى الدماغ. وعلى كل حال، هنالك حالة طبية تُعرف باسم «الأعراض المتزامنة للمطعم الصيني» التي يمكن أن تنشأ عن تناول الكثير من الطعام المشبع بملح الغلوتاميت، حيث ترتفع مستويات هذا الملح إلى حد أنه ينفذ إلى الدماغ مسبباً الموت العصبوني. إلاّ أن بحثاً معاصراً أشار إلى أن هذه الأعراض المتزامنة ما هي إلاّ خُرافة. إن مادة الغابا GABA مادة كيميائية وثيقة الصلة بملح الغلوتاميت. وهي أصل ملح الغلوتاميت فيما يتعلق بالإرسال العصبي: إذا كان ملح الغلوتاميت ينبه أَو يهيج العصبونات فإن مادة الغابا GABA تكبحها أَو تهدئها. وفي الواقع، إن العقاقير التي لها أثر مهدئ أَو مسكن على الدماغ تعمل من خلال مادة الغابا GABA. إن ملح حامض البريتوريك barbiturate، وهو العنصر الفعال في الحبوب المنومة والبينزوديازيبين كالليبريوم والڤاليوم اللذين يخفِّفان القلق، يعملان على تعزيز عمل مادة الغابا GABA الموجودة عند المستقبل العصبوني. ويمكن للكحول أيضاً أن تمارس آثارها

السحرية على الدماغ. إن تنبيه متقبلات مادة الغابا GABA الموجودة على سطح عصبونات الدماغ عموماً ما تبطئ وتهدئ الجهاز العصبي، ولكنه يسبِّب اختلالاً يصيب المعلومات العصبية التي تؤدي إِلى فقدان الانضباط النفسي والعضوي.

مع أن ملح الغلوتاميت والغابا GABA هما المرسلان العصبيان اللذان يحقِّقان في الواقع كل نقل المعلومات، إِلاَّ أن هنالك أجهزة إرسال ومعايرة عصبية أُخرى في الدماغ التي تعاير هذا النقل. والمعايران الرئيسيان المستخدمان في تنظيم طاقة الدماغ هما النورأدرينالين والسيروتونين. ويعمل هذان المرسلان العصبيان، كما يبدو، بأسلوبين مختلفين بالنسبة للطاقة الدماغية. يضبط النورأدرينالين الإثارة والانتباه والتهيج في الدماغ. وهكذا نجد أن الأمفيتامين (السرعة) والكوكائين والمنبهات الأُخرى تعمل بصورة رئيسية بواسطة تنبيه طرق النورأدرينالين في الدماغ، بينما نجد أن السيروتونين يضبط الطبع والسعادة والشعور بالنشاط والخفة. ولهذا نجد أن مواداً مخدّرة مثل الإكستسي MDMA والبروزاك ول. س. د. ربما تتحقَّق بصورة رئيسية وذلك بتأثيرها على طرق السيروتونين في الدماغ. وإذاً، ليس النورأدرينالين إِلاَّ السرعة الخاصة بالدماغ، وليس السيروتونين إِلاَّ المخدر الخاص بالدماغ.

إن معظم الشبكات العصبونية في الدماغ تعمل من خلال نقل المعلومات بسرعة إِلى مواقع محددة بإحكام. ولذلك يمكن لكل عصبون أن يرسل نبضات إِلى اثني عشر وبضع مئات من العصبونات

الأُخرى. وهذا أمر أساسي إذا كان علينا تذكّر المعلومات والاحتفاظ بها، كالمعلومات البصرية مثلاً، بينما تعالج تلك المعلومات بسرعة. وعلى كل حال تعمل أنظمة النورأدرينالين والسيروتونين في الدماغ بطريقة مختلفة جذرياً. ترسِلُ بضعُ عصبونات من منطقة صغيرة عند قاعدة الدماغ محاورَ عصبيةً إلى عدد كبير من العصبونات الأُخرى الموجودة في كل مكان من الدماغ، وتُطْلِقُ المُعَايِرَ العصبي على نطاق واسع، وتعمل ببطء ولكن خلال فترة أطول بكثير. وإذاً، لا تحمل هذه الأنظمة المنتشرة معلومات حسية تفصيلية وإنما تؤدي وظائف تنظيمية وَتُعَيِّرُ مجموعات واسعة من العصبونات حتى تصبح قابلة للإثارة تقريباً أَو نشيطة على نحو متزامن تقريباً، وتضبط كذلك انسياب المعلومات من وإلى مناطق الدماغ العليا. وتشبه وظيفتها مفتاح جهارة الصوت أَو الصوت العميق والخفيض في المذياع دون أن يؤثر ذلك على القصيدة أَو لحن الأغنية، ومع ذلك ينظم المفتاح أثر كل منهما.

وكما رأينا سابقاً، إن نظام نورأدرينالين الدماغ، نظام رئيسي بالنسبة للطاقة الدماغية. ويضبط كلاً من الإثارة والانتباه. وتنشأ معظم عصبونات النورأدرينالين من بقعة صغيرة (في جذر الدماغ حيث يلتقي الحبل الشوكي بالدماغ) وتعني باللغة اللاتينية البقعة الزرقاء. وفي الواقع هذا هو مظهرها عندما يُقْطَعُ الدماغُ عند هذه النقطة، بسبب وجود الصبغ الأزرق. إن «البقعة الزرقاء» من أبرز بُنَى الدماغ. تحتوي الأدمغة البشرية على نحو عشرة آلاف فقط من العصبونات.

ولكن هذه العصبونات القليلة تصل في الواقع إلى كل مكان من الدماغ وتتصل، حسب بعض التقديرات، بثلث عصبونات الدماغ ـ أي بضع بلايين. إذاً، قد يُنَظِّمُ عصبون النورأدرينالين ربع مليون من العصبونات الأُخرى وذلك من خلال عدد كبير من فروع طويلة جداً للمحاور العصبية. تُظْهِرُ التسجيلات الكهربائية من الأقطاب الكهربائية التي غُرِزَتْ في «البقعة الزرقاء» لجرذان وقرود مستيقظة أن البقعة الزرقاء تصبح نشيطة للغاية (ولذلك تطلق معظم النورأدرينالين) عندما يوجه لهذه الحيوانات منبهات غير متوقعة، وذلك حين يحتاج الدماغ أن يثار. وتكون البقعة في مستوى منخفض من النشاط عندما يكون الحيوان في حالة راحة ولا شيء يحدث في البيئة. وهكذا نجد أن البقعة الزرقاء هي إنذار ينبه بقية الدماغ إلى حقيقة وهي أن شيئاً جديداً وغير متوقع قد حدث. كما أنّها تَرُشُّ الدماغ بالنورأدرينالين لتجعله أكثر انتباهاً وأسرع عملاً.

. . . . ولا شك أن النورأدرينالين إشارة إنذار للجسم كذلك إضافة للدماغ، عندما يتوزع من قبل الجهاز العصبي الودي. وكما رأينا في الفصول السابقة أن الجهاز العصبي الودي يُنَشَّطُ من قبل المراكز العاطفية في الدماغ خلال الأزمات، ليبلغ بقية الجسم بواسطة النورأدرينالين والأدرينالين أن يتهيأ من أجل استخدام مفرط للطاقة. وهكذا يمكن اعتبار نظام النورأدرينالين في الدماغ كفرع من الجهاز العصبي الودي الذي يعمل لتنبيه الدماغ ورفع مستويات طاقته

وتحضيره للعمل. فهنالك، إذاً، جهاز موحد من أجل رفع مستويات الطاقة في كل من الجسم والعقل.

يُنَظِّمُ السيروتونين، أَو مخدر الدماغ، مجموعة من المراكز العصبونية تُعرف باسم رافي نيوكلاي raphe nuclei. وتعني رافي باليونانية سلسلة. وتشكل تسعةُ رؤوس سلسلةً في مركز جذر الدماغ، قريبة من البقعة الزرقاء. وترسل العصبونات الموجودة في هذه السلسلة المحاورَ العصبيةَ إِلى جميع أطراف الدماغ، حيث تطلق السيروتونين. أما بالنسبة للبقعة الزرقاء ونظام النورأدرينالين، فإن عصبونات الرافي نيوكلاي raphe nuclei تعمل بأسرع ما يمكن عندما تكون مستيقظة ومُثَارة ونشيطة. وعندما نكون نائمين تكون العصبونات في أخفض حالات نشاطها، ولذلك تُطْلِق أقل ما يمكن من السيروتونين: لأن أنظمة النورأدرينالين والسيروتونين يشتركان على نحو وثيق في تنظيم دورات نومنا ويقظتنا وأحلامنا. ويضبط هذان النظامان طَبْعَنا وذلك بإرسال إشارات إِلى مراكز الدماغ العاطفية. إن السيروتونين والنورأدرينالين ينظمان مجالات مختلفة من طَبْعِنا. ينشئ النورأدرينالين شعوراً بالحيوية والقدرة ـ نموذج عن المنبهات ـ ولكنه ينشئ القلق والخوف كذلك. وينشئ السيروتونين، كما يبدو، شعوراً لطيفاً بالسعادة ويكبح العدوان. يمكن أن نصف النورأدرينالين بالرجل المثابر للدماغ، ونصف السيروتونين بالهيبي. أما العقاقير التي تنبه كلا النظامين فتعطي شعوراً بالنشاط والخفة ويمكن استخدامها للناس الذين يعانون من الاكتئاب. أما العقّار بروزاك فيجعل السيروتونين

هدفاً له بصورة واضحة ويمكن أن يكون فعالاً للغاية في تخفيف الاكتئاب.

هنالك من دَرَسَ أسباب العلاقة بين السيروتونين والعدوانية في قوارض مخبرية سيئة الحظ. تُصبح الفئران الذكور أَو الجرذان المستقلة في أقفاصها الصغيرة لمدة أربعة أسابيع عدوانية بصورة شديدة تجاه الفئران الأُخرى، وهنالك تناقص متزامن في نشاط السيروتونين في أدمغتهم. فقط الفئران التي تُبدي هبوطاً في مستويات السيروتونين أيضاً تظهر زيادة في العدوانية. ولا تُظْهِرُ الفئران الإناث تغيرات في السيروتونين أَو العدوان أثناء عزلها. أضف إِلى ذلك، تزيد العقاقير التي تعيق مركبات السيروتونين أَو إطلاقه العدوانَ وتؤدي، مثلاً، إِلى اعتداءات زائدة على الفئران من قبل الجرذان. وقد اسْتُخْدِمَ مؤخراً تكنولوجيا الـ DNA لتشكيل فئران تغيرت مورثاتها وتفتقر إِلى نوع محدد من متقبلات السيروتونين. والسيروتونين، شأنه في ذلك شأن معظم المرسلات العصبية، له أنواع مختلفة من المتقبلات، تستقر على سطح الخلية وتُنَشَّطُ من قبل المرسل العصبي. إِلاَّ أن كل متقبل يرسل إشارة مختلفة داخل الخلية ليغير وظيفتها بطرائق مختلفة. أما الفئران المتحولة وراثياً وتفتقر إِلى متقبل السيروتونين، فكان متعذراً تمييزها في الأحوال الطبيعية. ولكن إذا وُضِعت في موقف مثير، كوضع فأر جديد في قفصها مثلاً، تصبح أكثر عدوانية. أما الفوائد من تشكيل سلالة من فئران تغيرت مورثاتها، وعدوانية إِلى حد بعيد، ففوائد غير واضحة. ولكن قد يكون لهذه الدراسة علاج للعدوان في

النهاية، إذا وجدنا عقاقير تنشط مُتَقَبِّل السيروتونين، وبذلك تستطيع أن تُهَدِّئ الأفراد المتطرفين في عدوانيتهم.

هنالك مرسلان آخران ولهما أهميتهما في تنظيم النشاط العام للدفاع. أسيتيلكولين Acetylcholine المرسل الذي ينشط عضلاتنا كي تتقلص، ويتواجد كذلك في الدماغ، وله أهميته، كما يبدو، في تشكيل الذاكرة. دوبامين Dopamine، المماثل كيميائياً للنورأدرينالين، ويشترك في طرق المكافأة الموجودة في الدماغ. ولكن ما هي طرق المكافأة؟ تكافئ هذه الطرق العقل لأنه قام بما أرادت لنا مراكز الدوافع ومورثاتنا أن نفعل. وفي الحقيقة، إنها هدف ومعنى الحياة. من أهم المبادئ الأساسية في علم النفس أن البشر (والحيوانات) يُحَثّون لأداء أفعال تشكل شعوراً إيجابياً (جيدا). وتساعد هذه الآلية أن نتعلم أن نفعل أشياء تُرَقِّي وتُعَزِّزُ بقاءنا وبقاء مورثاتنا كالبحث عن الطعام والجنس. منذ أكثر من أربعين سنة، جيمس أولدز James Olds، غرز قطباً كهربائياً في منطقة في دماغ جرذ، دعاها فيما بعد مركز المكافأة. وقد ظهر أن التحريض الكهربائي لهذه المنطقة يُحْدِثُ شعوراً بالسعادة وأن الجرذ يتعلّم بحماس أنواعاً في الأفعال لكي يتلقى هذا التنبيه الكهربائي كمكافأة. وفي تطور بارع لهذه التجربة، وضع أولدز Olds رافعة في قفص الجرذ على نحو إذا ضغط الفأر على الرافعة، فإن الفأر ينبه بذلك مركز المكافأة. وكانت النتيجة في النهاية أن الفأر كان يقضي وقته في الضغط على الرافعة متجاهلاً الطعام والجنس. ويظهر

للعيان، أن المراكز والطرق نفسها موجودة في البشر. إن إدخال الأقطاب الكهربائية في أدمغة المرضى المصابين بالاكتئاب الشديد، قد أظهر بوضوح، أن تنبيه طرف المكافأة غالباً ـ وليس دائماً ـ ما يُكَوِّنُ شعوراً إيجابياً في البشر. ويتألّف طريق المكافأة من عدد صغير نسبياً من الخلايا العصبية التي تُرْسِل محاورَ عصبية وإشارات كهربائية من جزء من الدماغ إلى جزء آخر منه مطلقةً الدوبامين المرسِل. وَتُنَبِّهُ عقاقيرُ مثل الكوكائين والهيروين والكحول هذا الطريق وتسبب إطلاق الدوبامين، وقد يفسّر ذلك لماذا يسبب تعاطي هذه العقاقير «مكافأة» أما الجانب السلبي لهذه المكافأة فهو أن إيقاف استعمال هذه العقاقير يؤدي إلى انخفاض مفاجئ في نشاط طريق المكافأة في الدماغ إلى ما دون المستوى الطبيعي. وهكذا نجد أن لا شيء يُسعد أو يكافئ الشخص الذي انقطع عن هذه العقاقير إلاَّ العقار نفسه. وقد يكون ذلك سبب إدمان المدمنين على الكوكائين والهيروين والكحول والنيكوتين. والشخص المدمن يكون في حالة مشابهة لحالة الجرذ في قفصه، متجاهلاً بقية الحياة لأن لديه طريقاً مختصراً إلى موطن يُنْسى فيه الهم والألم والواقع الخارجي.

ولكن طريق المكافأة ليس وثيق الصلة بمدمني المخدرات فقط. قد يكون هذا الطريق أهمَ آليةٍ دافعةٍ أساسيةٍ داخلنا جميعاً. لقد وَجَدَ حديثاً بول غراسبي Paul Grasby وزملاؤه في كلية إمبريال في لندن أن هذا الطريق يُنَشَّطُ في أناس يقومون بألعاب الفيديو. بينما كان

المتطوعون الذين تجرى عليهم التجربة يوجهون ضربة إِلى تحصينات العدو، رُسِمَ انبعاث البوزتيرون PET لمراقبة مقدار الدوبامين الذي أُطْلِقَ في طرق المكافأة في الدماغ. لقد حُرِّضَ المتطوعون كذلك بمكافأة خارجية: 7 جنيهات (10 دولارات) لكل إنجاز مستوى لعبة ڤيديو. ولم يسبِّب القيام باللعبة فقط إطلاق الدوبامين داخل أدمغة المتطوعين، كما وجد غراسبي Grasby، ولكن كان يرتبط مقدار الدوبانين المنطلق كذلك بالنجاح الذي كان يحققه الفرد باللعبة. إذاً، يمكن للأنشطة المبتذلة إذا ارتبطت بنوع ما من الفائدة أن تُحَرِّضَ طريق المكافأة باطني النمو في العقل وتقدم الدافع النفسي للبدء بهذه الأنشطة والمحافظة عليها. قد يكون الطريق جزءاً من آلية من أجل حوافز في الدماغ، تَسْتَخْدِمُ الجزرة والعصا لتحريضنا لتأدية أنشطة تُنَبِّهُ الطريق. يمكن أن تكون الجزرة شعوراً بالسرور أَو المكافأة التي يمكن أن تصاحب دافع الطريق، بينما يمكن أن تكون العصا الأنشطة المخفَّضَةَ للطريق ومتعة مرافقة عندما نتراجع عن أداء النشاط. وإذاً، قد نكون جميعاً كالجرذان في الأقفاص نحاول أن نُنَبِّه أجزاءً من دماغنا من أجل الحصول على مكافأة. ولكن إذا نظرنا إِلى الأمر من منظور أكثر إيجابية، فإنه يمكن للجرذان والبشر أن يتدرّبوا أَو لا يتدرّبوا على ربط أشياء مختلفة بالمكافأة. ولكل البشر، إِلى حد ما، خيار أن يدربوا أَو لا يدربوا أنفسهم من أجل ربطها بالمكافأة. وليس علينا إِلاَّ أن نختار بحكمة.

منبهات الدماغ

في كل ثقافة وعصر، يبحث البشر عن مواد «سحرية» ترفع مستويات طاقة العقل والجسم. ومنذ بدء التاريخ يتجول الدجالون والمشعوذون والسحرة لبيع بضاعتهم من المنشطات وحبوب الحيوية والمنبهات لتزوِّدَ الدماغ بالقوة، حتى أصبح لدينا اليوم مخزون مثير للإعجاب من عقاقير توقظ العقل وتحسن الأداء العقلي. وما المنبهات إلاَّ عقاقير تُستخدم لمزيد من اليقظة وتحسين المزاج وتسريع الفكر، وبالتالي تعزيز الأداء العقلي وتفريج الهم. وتستخدم المنبهات القانونية كنيكوتين السجائر وكافائين القهوة ومشروبات الشاي والكولا في كل الأوقات لتنظيم الطاقة العقلية على أحسن حال. وتختلف المنبهات غير القانونية كالكوكائين والأمفيتامين عن المنبهات القانونية في أنها تُرقِّي الشعور بالنشاط وخفة الحركة ولكن متعاطيها يصبح عالةً على الآخرين. إن المنبهات ممتعة ليس فقط من أجل إمكانية تعزيز الطاقة الدماغية ولكن للضوء الذي تلقيه على طبيعة الطاقة العقلية.

إن الكوكائين عقار له تاريخ شيق. وأصبح اليوم من أغلى العقاقير وأكثرها رواجاً في العالم، ويستخدمه بانتظام أربعة ملايين شخص في الولايات المتحدة الأمريكية ويكلف أربعين بليون من الدولارات سنوياً. ويشجع ذلك على تجارة دولية غير قانونية تمول بعض الأقطار بينما تُفْقِدُ أقطاراً أُخرى استقرارها وتدمّر اقتصادها. وقد اسْتُخْدِمت أوراق الكوكه، التي يُسْتَخْرَجُ منها الكوكائين، من أجل خصائصها المنبهة من قبل هنود جبال الأنديز لأكثر من ألف

سنة. وتُحْدِثُ الأوراق بصورة رئيسية الآثار نفسها لعصارتها الشفافة، ولكن إذا مُضِغتْ الأوراق فإن الكوكائين يُطْلَقُ ببطء داخل الأحشاء وَيَنْفُذُ إِلى الدم من خلال الأنبوب الهضمي. وهكذا نجد أن آثار النشاط النفسي للأوراق أبطأ وأقل شدة من المسحوق النقي الذي عادة ما يُسْتَنْشَقُ أَو يُحقنُ.

لقد اعتبرت حضارة شعب الإنكا في البيرو الكوكه هبة من الشمس ويدعي شعبها أن:

«ملائكة الإله قد وهبت الإنسان ورقة الكوكة لتشبع الجائعين، وتزود المتعبين والضعفاء بالقوة، وتُنْسي التعساء تعاستهم».

وفي البداية، اقْتُصِر استخدامها على الطبقات الملكية والكهنة ولكن مع مرور الزمن انتشر استعمالها على نحو واسع بين شعب الإنكا. وتسارعت هذه العملية بسرعة مفرطة وذلك بالفتح الإسباني. كما أن قدرة هذه الورقة على زيادة عمل وتحمّل الهنود الأسرى لفت نظر الإسبان بصورة قوية. وقد لاحظ المؤرخون الإخباريون ما يلي:

«إن هذا العشب مغذٍ ومنعش للغاية بحيث يعمل الهنود أياماً كاملة دون أن يتناولوا شيئاً آخر، وعند الافتقار إليه يجد الهنود ضعفاً في قواهم».

ولذلك شجع الإسبان الهنود على استخدام الكوكه وخاصة في العمل في مناجم الذهب على المرتفعات.

لم تَدْخُل الكوكه أوروبا بكميات كبيرة حتى منتصف القرن التاسع عشر، ومن ثم نُسِبَ استيرادها إِلى الكيميائي الكورسيكي أنجيلو

ماریاني Angelo Mariani. لقد نشر الكوكه بابتكاره منتجات تحتوي على عصارة الكوكه ومنها قطع حلوى الكوكه وشاي الكوكه وعصير الكوكه. وكان آخر هذه المنتجات عصير ماریاني (وهو المقوي الشهير عالمياً للجسم والدماغ). الذي أصبح بسرعة الشراب الأكثر انتشاراً في أوروبا. وبعد أن أصبح مطلوباً كعصير ودواء، كان أطباء أوروبا ينصحون به كمزيج قوي لعلاج كل شيء بدءاً من التهاب الحنجرة إلى الاكتئاب السريري. ولا عجب أن سيدات أَواخر القرن التاسع عشر كُنَّ يشربن عصير ماریاني بشغف، لأنه كان يحتوي على مادة تنعش على نحو سارٍ مع جرعة منعشة من الكوكائين. وكانت تباع العبوة وعليها نصيحة طبية قوية. ماذا يمكن لإِنسان أن يتمنى أكثر من ذلك! واستُقْبِلَ ماریاني كواحد من مواطني أوروبا العظماء. وَمُنِحَ ميدالية خاصة من البابا.

أدى نجاح عصير ماریاني Mariani إلى إلهام الصيدلي جون بيمبرتون John Pemberton في جورجيا أن يبتكر الكوكاكولا سنة 1886. كان التركيب الأصلي يحتوي على نبيذ كحولي وَوُصِفَ بأنه «نبيذ الكوكه الفرنسي، المقوي المثالي» وهنالك من نصح به كمنبّه وعلاج للصداع. على كل حال لم يكن ذلك ناجحاً، وبسرعة حَلَّ مكان النبيذ عُصارةُ جوزة الكولا، وهي مصدر الكافئين. وأُعلن عن هذه الكوكاكولا الجديدة «كشراب المفكرين ومشروب المعتدلين في معاقرة الخمر». وأضيف ماء الصودا سنة 1888 لإنتاج شكل «كلاسيكي» من المشروب باستثناء أنه كان يحتوي على الكوكائين

طبعاً. وفي أوائل القرن العشرين أُبعد الكوكائين من الكوكاكولا عندما أدرك الناسُ الخصائص الإدمانية، وحلّ مكانه مستويات عالية من الكافائين. أما الخصائص المنبهة لكوكاكولا العصر الحالي ومشروبات الكولا الأُخرى فناشئة عن الكافئين إضافة إِلى المستويات العالية من السكر.

وَاسْتُخْرِجَ الكوكائين من أوراق الكوكه سنة 1860. وقد مَيّز ذلك بداية المشاكل. لقد استخدمت الكوكه وعصارتها لمئات السنين دون أن يسبِّب ذلك أي اعتماد نفسي واضح على العقار أَو أي آثار جانبية سلبية ظاهرة للعيان. ولكن الكوكائين المُسْتَخْرَج كان شيئاً مختلفاً. وقد أُدْرِكَ هذا الاختلاف ببطء فقط. وكان سيغموند فرويد Sigmund Freud من أكبر ذوي النفوذ والمؤيدين لاستخدام الكوكائين الصافي. وكطبيب شاب للأمراض العصبية سنة 1884، اقترض فرويد Frued مبلغاً كبيراً من المال المطلوب لشراء العقار الصافي وجربه على نفسه وعلى الكثير من أصدقائه ومرضاه. وقد وجد أن العقَّار كان يدعم طاقته ويقوي رجولته ويبعد عنه الهم. وكتب إِلى خطيبته مارثا Martha عند سماعه أنها فقدت شهيتها:

> «وا أسفاه يا أميرتي، عندما أصل سأقبّلك حتى تحمر وجنتاك وأطعمك حتى تصبحي على خير ما يرام. وإذا كنت متفوقة في الرياضة سوف تَرين مَن الأقوى،، أهي فتاة صغيرة لطيفة لا تأكل ما يكفي أم هو رجل جامح يجري الكوكائين في جسمه. في آخر نوبة اكتئاب شديدة أصابتني، أخذت الكوكائين ثانية وقد أوصلتني جرعة صغيرة منه إِلى قمة السعادة بطريقة رائعة. والآن أنا مشغول

في جمع ما كتبت من أجل أغنية أمدح بها هذه المادة السحرية».

وحقاً كتب فرويد بحثاً علمياً طويلاً مادحاً الخصائص المنبهة للكوكائين من أجل أغراض مختلفة، وقد نشأ عن ذلك انتشار استعماله: فقد وصفه الأطباء على نطاق واسع من أجل التفريج عن القلق والاكتئاب بينما كان ينعم فرويد بشهرة يفاخر بها.

وعلى كل حال، هنالك من اكتشف تدريجياً أن الكوكائين يسبِّب الإدمان. ولقد أصبح صديق فرويد الحميم مدمناً على نحو لا يمكن السيطرة عليه. ووجده فرويد يوماً مساءً في حالة ارتعاش هذياني يتخيل فيها ثعابين بيضاء تزحف فوق جلده. وأمضى فرويد الليل مع صديقه وكان أبغض ليل في حياته. ثم بدأت شهرة الكوكائين تنهار، وذكرت التقارير التي وصلت من جميع أنحاء العالم أنه كان يسبِّب الإدمان، وكان ساماً وعديم الفائدة لكل الأغراض الطبية، إلاَّ أنه مخدر موضعي. وشُجِبَ الكوكائين وأُعْلن رسمياً أنه البلاء الثالث للبشرية إضافة للكحول والمورفين. ومما سبَّب غماً لفرويد أن شرف اكتشاف خصائص الكوكائين كمخدر موضعي نُسِبَ إلى صديق ذكر فرويد هذه الخصائص أمامه. وبعد أن فقد فرويد شهرته وأصيب بخيبة أمل مارس عمله كطبيب خاص لزبائنه. وفيما بعد، حاول أبو التحليل النفسي أن يُقلِّل من هذه الأحداث ويمنع انتشار بحث نصح به حقن الكوكائين بالوريد. ولكن ربما ألهمه استخدامه الخاص للكوكائين بنظرياته الأولى عن التحليل النفسي.

لقد أُسيئ استخدام الكوكائين الصافي في القرن العشرين، ولكن

استخدامه غير القانوني الواسع الانتشار نهض في الثمانينيات من القرن العشرين وخاصة في أمريكا ولذلك تعتبر التجارة العالمية بالكوكائين اليوم بين أكثر السلع انتشاراً في العالم. ويُستنشق الكوكائين أو يُحقنُ أَو يُدَخَّنُ مسبِّباً نشاطاً وخفة في الحركة، وطاقةً زائدةً، وفقداناً للشهية. ويسبِّب استخدامه الزائد ضجراً وسرعة غضب وقلقاً واضطراباً عقلياً يقوم على الارتياب في الآخرين. ولكن كيف للكوكائين أن يمارس هذه الآثار التي تُعدِّل من الذهن؟ جوهرياً، يتنبه نظام الأدرينالين في الدماغ. فجانب من جزيء الكوكائين مشابه في بنيته للنورأدرينالين والدوبامين المرسِل العصبي الآخر، لذلك فهو يرتبط مع البروتينات التي تُحْدِثُ آثار هذه المرسلات العصبية في الدماغ. ويبدو أن الكوكائين يدفع هذه المرسلات العصبية خارج النهايات العصبية ويمنع النهايات من امتصاصها. ولذلك يتشكَّل مستويات زائدة للغاية من النورأدرينالين والدوبامين في نقاط الاشتباك العصبي. وهكذا نجد أن النتيجة النهائية تقوم على تنبيه نظام النورأدرينالين في الدماغ، الذي كما رأينا في المقطع الأخير يُسَبِّبُ يقظة ونشاطاً وخفة حركة وطاقة زائدة.

للأمفيتامين أثر منبّه مشابه للكوكائين ولكن أحداث تطوره مختلفة نوعاً ما. وتبدأ القصة بالبحث عن علاج لداء الربو في العشرينيات من القرن العشرين. ولا يزال سبب داء الربو غير واضح. ولكن الأعراض تنشأ عن التهاب رئوي مزمن يقلّص القصبات الرئوية مسبِّباً صفيراً وصعوبة في التنفس. وكان الأدرينالين العلاج الأكثر فعالية

أوائل القرن التاسع عشر الذي يوسع القصبات الرئوية ويخفِّف، بالتالي، من الأعراض. ولسوء الحظ لا يكون الأدرينالين فعالاً عندما يؤخذ عن طريق الفم. وكان ينبغي حقنه في الدم، وعندئذ يمكن استخدامه في حالات الطوارئ فقط. سعى الكيميائيون أن يحصلوا على اشتقاق من الأدرينالين الذي يمكن أن يؤخذ عن طريق الفم. ولكن النجاح كان محدوداً. ومن ثم، في أوائل العشرينيات من القرن العشرين ك. ك. تشين K. K. Chen الإخصائي في علم العقاقير ويعمل في شركة ليلي للعقاقير، بدأ يدرس نباتاً يدعى ما هوانغ ma huang. فُتِنَ تشين Chen بالعلاجات العشبية الصينية، ولاحظ أن ما هوانغ ma huang كان يُسْتَخْدم مراراً وتكراراً كعلاج صفير داء الربو. وحصل على عصارة نبات وَبَيَّن أنها كانت تمدد القصبات الرئوية. وشرع (مع كيميائيين آخرين) في فصل المادة الفعَّالة، ودعى المادة الكيميائية الناتجة باسم إيفيدرين Ephedrine، وكان الإيفيدرين فعالاً في التفريج عن الصفير عندما يؤخذ عن طريق الفم. وأصبح بسرعة العلاج الطبي الأكثر رواجاً لداء الربو.

لسوء الحظ، كان ينبغي فصل الإيفيدرين عن ما هوانغ ma huang وأصبحت إمدادات هذا النبات محدودة. وكان الحل إنتاج الإيفيدرين كيميائياً بالطرائق الصنعية. وأثناء هذه المحاولات، أنتج غوردان أليس Gordan Alles في منتصف الثلاثينيات من القرن العشرين مادة كيميائية وثيقة الصلة بالإيفيدرين وهي الأمفيتامين. وقد ثبت أنه شكّل مُحَسَّن للإيفيدرين لأنه يمكن أن يُرَكَّب على شكل متطاير

واستنشاقه ليصل للرئتين. وقد بيع الشكل المتطاير من الأمفيتامين باسم تجاري هو بينزيدرين Benzedrine. وبسرعة أصبح علاجاً رائجاً لداء الربو في أواخر الثلاثينيات من القرن العشرين والأربعينيات كما أصبحت عبوة الاستنشاق متوفرة بصورة واسعة في المحال التجارية. وكشف الناس الذين يستنشقون العقّار أنّه إذا فُتِحتْ عبوة الاستنشاق وشموا المحتويات فإن سروراً يتحقّق بسرعة.

ساهم علماء النفس في جامعة مينيسوتا، في غفلة منهم، في انتشار استنشاق الأمفيتامين، وذلك باختباره ووصف آثار تناوله من قبل الطلاب. وقد لاحظوا أن العقَّار منع النوم ونفخ الحيوية في أولئك المتْعَبين. وانتشرت شفهياً بين الطلاب أخبار عن هذا العقَّار الذي يرفع مستوى الطاقة. وحصل البعض منهم على الأمفيتامين من الصيدليات واستخدموه لمنع النوم والتعب أثناء التحضير للامتحانات وتنشيط العقل خلال الامتحانات.

استخدِم الأمفيتامين على نطاق واسع من قبل القوات المسلحة المشاركة في الحرب العالمية الثانية على نحو يمكن القول فيه أنّها كانت أول حرب رفعت مركز هذا العقار. وأعطى البريطانيون بصورة عادية حبوباً لجنودهم، ومع أن الأمريكيين لم يفعلوا ذلك إلاَّ أنهم حصلوا على الحبوب بسهولة من أطباء الجيش البريطاني. أما الألمان فقد أعطوا طياري قاذفات القنابل الأمفيتامين ليحافظوا على يقظتهم خلال الغارات الجوية فوق إنكلترا. وأعطى اليابانيون الأمفيتامين ليس لرجال الجيش فقط، وإنما قدَّموه دواءً بصورة نظامية إِلى المدنيين

المشتركين في صناعات زمن الحرب وذلك من أجل زيادة إنتاجيتهم. وبعد الحرب، أعلن عن الأمفيتامين في اليابان من أجل «التخلص من النعاس ورفع المعنويات» وكان اليابانيون كذلك بحاجة ماسّة لمادة كهذه. وفي سنة 1948، خمسة من كل مئة ياباني بين سن 16 ـ 25 كانوا يعتمدون عليه. وهكذا انتشر أول وباء للأمفيتامين.

في أواخر الستينيات من القرن العشرين استخدم الهيبيون والمدمنون ل. س. د والأمفيتامين معاً ليحقّقوا سعادة أكبر. وهنالك من بدأ بحقن الأمفيتامين في الوريد للحصول على هجمة سريعة من النشاط وخفة الحركة، وغالباً ما وُصِف ذلك بعبارة «هزة جماع الجسم كله» ويُخفِّضُ الأمفيتامين، شأنه شأن الكوكائين، التعبَ والنومَ والجوعَ والاكتئابَ وينبّه النشاطَ وخفةَ الحركة والحيويةَ. ولكن إيقافه بعد الإفراط في استخدامه يؤدي إلى نتائج عكسية لذلك يسعى المستعمل، رغماً عنه، أن يحصل على جرعة أكبر وأكبر ليتجنّب انهياراً مفاجئاً يسبِّب اكتئاباً. والأمفيتامين، كالكوكائين، له بنية مماثلة للنورأدرينالين، ويؤثِّر على الدماغ وذلك بتنبيه نظام النورأدرينالين.

ليست مادة الكحول مادة منبهة كلاسيكية، ولكن عند المستويات المنخفضة فإنها تنبه الدماغ. وتُضْعِفُ المستوياتُ المعتدلةُ على كل حال نشاطَ الدماغ وتُحْدِثُ تسيباً في السلوك النفسي مما يؤدي إلى انخفاض القلق وارتفاع في العلاقات الاجتماعية والميل الجنسي. أما الجرعات العالية فتؤدي إلى اختلال وظيفي في الجهاز الحركي

وانخفاض خطير في مستوى غلوكوز الدم، ويعود السبب إِلى أن الكحول تمنع تشكيل غلوكوز الكبد.

قد يكون النيكوتين أكثر عقّار مستعمل عموماً لدعم الطاقة. وخلال عشر ثوان من أخذ أول استنشاقة من السيجارة تُظهِرُ مرسمة أمواج الدماغ مزيداً من الأمواج الدماغية، وهذا يعني يقظة أكثر واسترخاء أقل. إن نبتة التبغ موجودة أصلاً في الأمريكيتين. وأول من استعمله شعب المايا في أمريكا الوسطى. ودخّنه هنود البحر الكاريبي عندما وصل كولومبس سنة 1492. ثم أُدخل التبغ إِلى أوروبا بعد ذلك. يشبه النيكوتين مُرْسِلاً عصبياً رئيسياً في الدماغ وهو الأسيتيلكولين، إنه يرتبط بالمتقبِّل وينبهه من أجل الأسيتيلكولين الموجود على العصبونات والعضلات. وتكون النتيجة إثارة في الدماغ واستجابة الكر أَو الفر في الجسم الذي يسبِّب تنشيط الطاقة. ويدعم النيكوتين القدرة على التركيز والتعلّم والتذكّر. وزيادة الإثارة التي يسبِّبها النيكوتين قصيرة الأمد بالمقارنة مع المنبهات الأُخرى. وَيَتْبع تلك الزيادة، حتماً، فترة إثارة آخذة في التناقص. وتُحدِثُ الجرعات العالية من النيكوتين نقصاً في الإثارة. والناحية السلبية في النيكوتين هي أن الدماغ يعتاد عليه، ولذلك يحتاج مستويات أعلى وأعلى لتحقيق الأثر نفسه، وإذا توقف استعماله يصبح مستوى تنبيه الدماغ أدنى من الطبيعي وتكون النتيجة الإدمان. إضافة لذلك، تسبّب مكونات أُخرى للسيجارة (كالقطران وثاني أوكسيد النيتروجين) سرطاناً وأذى يصيبان الرئة. ويسمِّم أول أوكسيد الكربون الدمَ

ويضعف قدرته على نقل الأوكسجين. ويصيب الضرر الأوعية الدموية ويزيد خطر أمراض القلب. أما الأثر العام للاستعمال المديد فهو، بصورة رئيسية، طاقة آخذة في التناقص.

وهنالك منبه آخر منتشر كثيراً وألطف من الكوكائين وهو الكافائين المادة المتوفرة في القهوة والشاي ومشروبات الكولا والشوكولاته. وأول ما زرعت القهوة في الجزيرة العربية. غالباً، وفي زمن النبي محمَّد صلى الله عليه وآله وسلم تقريباً. وحسب ما تقول الأسطورة إن راعي غنم لاحظ بأن قطيعه يصبح مَرِحاً بعد تناول ثمار شجيرات القهوة البرية، فأخبر الرهبان الذين جمعوا ثمارها وصنعوا منها شراباً مُخمَّراً أيقظهم ساعات طويلة لأجل الصلاة. وجَرَّب الحجّاج المسافرون لزيارة مكة هذا الشراب الجديد وانتشرت كلمة عن ميزاته المنبهة إِلى كل مكان. ومع ذلك لم تُزرع القهوة على نطاق واسع في الشرق الأوسط حتى القرن الخامس والسادس عشر. وفي مصر، كانت القهوة ممنوعة بموجب القانون في القرن السادس عشر، بسبب آثارها المسكرة فأحرقت المقاهي. وفي أوروبا في القرن السابع عشر، انتشر تناول القهوة وانتشرت المقاهي. وقد ألهم ذلك الهولنديين أن يزرعوها في مستعمراتهم. ولكن الفرنسيين هم الذين نجحوا في الواقع في نقل شتلة من شجرة القهوة إِلى جزر الهند الغربية سنة 1714: وهذه الشجرة الوحيدة هي أصل كل شجرة في جميع مزارع أمريكا اللاتينية التي تُصَدِّرُ القسم الأكبر من قهوة العالم. أما نبتة الشاي فقد جاءت من جنوب شرق آسيا، واستخدم الصينيون

أوراقها المجففة ربما في القرن الثامن والعشرين قبل الميلاد. وأدخل الهولنديون الشاي إلى أوروبا في القرن السابع عشر ولكن شهرته لم تعادل شهرة القهوة إلاَّ في إنكلترا. ولا يزال الشاي رائجاً في آسيا ويشربه بانتظام نصف سكان العالم. لقد اكتشِفت مادة الكافئين في القهوة سنة 1820. ولهذه المادة آثار كيميائية بيولوجية وفزيولوجية ومنها ضغط الدم وتنبيه الدماغ والقلب والرئتين. إن لهذه المادة آثاراً منبهة للدماغ، محدثة أمواجاً دماغية لتختار النمط المميز لليقظة الشديدة. إنها تزيد القدرة على التركيز ويمكن أن تُحَسِّن أداء المهام المتكرّرة التي تتطلّب تركيزاً شديداً. وتَكْبِتُ النوم والشعور بالنوم. تُحْدِثُ مادة الكافئين إثارة وذلك برفع مستويات الأدرينالين والكورتيزول من جهة وسد متقبلات الأدينوسين في الدماغ. تستطيع مادة الأدينوسين في الدماغ أن تعمل عمل المرسل العصبي أَو المُعدِّل العصبي حيث ترتبط بمتقبلات الأدينوسين مُسَبِّبَة عموماً قصوراً في النشاط العصبي وترتبط مادة الكافئين بالمتقبلات نفسها وتعيق عمل الأدينوسين، ولذلك تزيد نشاط وإثارة العصبون الدماغي.

يبدو أن كل شيء على أحسن ما يرام. ولكن كشأن المنبهات الأُخرى، إن استعمال مادة الكافئين بانتظام أَو إساءة استعمالها يشكل مقاومة للكافئين. ولذلك قد يحتاج الذي يتناولها مستويات أعلى للحصول على السرور نفسه. وإذا توقف من يشرب القهوة بكثرة عن شربها، عندئذ تتراجع الأعراض مع أنّها أقل إثارة من أعراض المنبهات الأُخرى. ويكفي الامتناع عن تناول الكافئين حتى لليلة

واحدة لإحداث آثار سلبية هامة، منها التعب والصداع والاكتئاب والغضب والتغوط. ويستطيع شارب القهوة أن يخفف جميع هذه الأعراض وذلك فقط بتناول أول فنجان قهوة في النهار. وهذا يجعل متناوِلَ القهوة يعتقد أن القهوة ضرورية للمحافظة على مستويات الطاقة. وعلى كل حال، يمكن أن يسبب تَنَاوُل القهوة لمدة طويلة ضغطاً نفسياً وتعباً واضطراباً في النوم. إن إنقاص مقدار القهوة أَو زيادته يمكن كذلك أن يسبِّب تراجع أعراض الكافئين بالنسبة لمن يشربها. ولكي نتجنّب هذه المشاكل كلها من الأفضل شرب القهوة كل يوم بمعدل منخفض أَو معتدل، ولكن ليس في وقت متأخر من اليوم. إننا نجد الكافئين كذلك في الشاي ومشروبات الكولا والشوكولاته بمقادير كافية لإحداث آثار مماثلة ولكن عادة أقل قوة.

إذاً، إن جميع المنبهات المنتشرة ـ الكوكائين والأمفيتامين والنيكوتين والكافئين ـ تُعطي دعماً للطاقة طويل الأمد. ولكن الاستخدام المزمن يُحْدِثُ مقاومة ويؤدي إِلى تفريغ طويل الأمد للطاقة. وعموماً، إنه لأمر طائش أن نحاول وندعم بصورة دائمة مستويات الطاقة بمنبه، لأن الجسم يتكيف ويعتاد وذلك لمحاولة المحافظة على مستوى الطاقة نفسه. ولذلك عندما نسحب المنبه، تهبط مستويات الطاقة إِلى ما دون المستوى الطبيعي.

تُسْتَخْدَمُ كل هذه المنبهات بصورة عامة ومتكرّرة، الأمر الذي يثير السؤال المشوق، لماذا؟ لماذا نحاول باستمرار أن نرفع مستويات طاقتنا حتى بتعريض أجسامنا لخطر الأذى؟ لماذا يكون مستوى الطاقة

الطبيعي غير المحرَّض كافياً لتلبية حاجاتنا. ومع ذلك، لقد تطورت آلية تشكيل طاقتنا بالإصطفاء الطبيعي لكي تلبي حاجاتنا من الطاقة. ولكن لماذا نحتاج المزيد؟ هل مطالب الحياة المعاصرة أكثر من الظروف التي منها نشأنا؟ يبدو الأمر بعيد الاحتمال: من غير ريب، يَسْتعمل الناس في العالم المتطور طاقة أقل من أولئك الذين يعيشون في العالم النامي. ولكن لماذا؟ والجواب يمكن أن يكون ببساطة أن لدينا حافزاً للإثارة. نحن نحب أن نكون في حالة من اليقظة ونسعى للحصول على المستوى الأعظمي منها. والإثارة تُنَبِّهُ مراكز المكافأة في الدماغ، الأمر الذي يجعلنا نشعر بأننا على خير ما يرام. وقد يكون الأمر ببساطة كما يلي: الطاقة تجعلنا نشعر أننا على خير ما يرام.

الطاقة في الدماغ

يستخدم الدماغ البشري الكثير من الطاقة. وفي الواقع، إنه أكثر أعضاء الجسم تَوْقاً للطاقة. وهذا هو سبب ضعفه المفاجئ. فإذا انقطعت عنه إمدادات الطاقة لأكثر من عشر دقائق، كما هو الحال في السكتة الدماغية أَو النوبة القلبية، فإن عطباً لا يمكن إصلاحه يصيب الدماغ. وليس هنالك عضو مثله يستشعر التغيرات في إمدادات طاقته كما يستشعرها. إن الدماغ البشري يشكِّل فقط اثنين في المئة من وزن الجسم، ولكنه يستهلك نحو عشرين في المئة (الخمس) من مجموع الطاقة في الجسم أثناء الراحة. وهذا يعني أن الدماغ يستهلك في كل

غرام من النسيج طاقة تقدّر بعشرة أمثال معدل الجسم. ولما كان الدماغ شديد العناية بالتفاصيل، فإنه لا يَستخدم الدسم كوقود. وقد يَسْتهلِكُ (في بعض الحالات) معظم غلوكوز الجسم. إن الجسم في خطر دائم ناتج عن استنزافه من قبل الدماغ الشره، ولكنه لا يستطيع أن يسمح للدماغ أن يصاب بنقص في الطاقة لأن ذلك يؤدي سريعاً إلى الموت.

ولكن أين تذهب كل هذه الطاقة التي يستخدمها الدماغ؟ يُسْتعملُ معظمها من أجل معالجة المعلومات في نقاط الاشتباك العصبي بين العصبونات. إن أقنية الأيونات، وهي بوابات في غشاء الخلية العصبية، تَفْتَحُ وتغلق باستمرار لتسمح للأيونات بالدخول والخروج من العصبونات. أما تحركات الأيونات تلك، والتغيرات الكهربائية التي تحرضها فَتُحْدِثُ التغيرات في الإثارة العصبونية التي تسبق معالجة معلومات الدماغ. ولكن الأيونات التي تدخل أَو تغادر العصبون من خلال قنوات الأيونات فينبغي أن تُضخَّ للداخل أَو الخارج إذا كان على العصبون أن يتابع عمله. ويتطلب ضخ الأيونات طاقة تُسْتَمَدُ بصورة مباشرة أَو غير مباشرة من ATP. وإذا سُدَّت قنوات الأيونات والنشاط الكهربائي للدماغ، وذلك باستخدام مخدر عام، عندئذٍ يَهبِطُ استخدام الدماغ للطاقة إلى النصف. وإذاً، بالرغم من أن معالجة المعلومات تبدو كنشاط غير واضح، فإنها تتطلب مقادير كبيرة من الطاقة، تماماً كما تتطلّب معالجة المعلومات في رقاقة السيليكون.

فإذا كان الدماغ يستخدم الكثير من الطاقة من أجل نشاط العقل،

فهل نستطيع أن نلاحظ تغيرات في استخدام الطاقة من لحظة لأُخرى أثناء تفكيرنا وشعورنا؟ في الواقع، إذا استخدمنا التكنولوجيا الجديدة القوية، فإننا نستطيع أن ننظر داخل الدماغ البشري ونشاهد التغيرات في نمط استخدام الطاقة بينما العقل يفكر. لقد استخدِمت هذه التكنولوجيا للكشف عن أسرار العقل الأساسية، لمعرفة ماذا يحدث في الدماغ خلال حل معادلة رياضية أَو هلوسة المصابين بالفصام. ولأول هذه الطرق اسم مخيف نوعاً ما «الرسم الطبقي بانبعاث البوزيترون»، ولكن الاسم المختصر يعيد لنا الاطمئنان وهو PET. إلاَّ أن الاسم المخيف جدير بهذه الطريقة لأنني أعلم ذلك من تجربتي. لقد تطوعت من أجل مسح بطريقة PET لدماغي الخاص بي لأعرف ما هو عليه. فأدخلوا أولاً إبرة في شريان ذراعي (وهو إجراء نوعاً ما خطير بحد ذاته) ووصلوا الإبرة بأنبوب طويل صادر عن جهاز إلكتروني وضعوه على قاعدة في الأعلى. وكان يُصْدِرُ الجهاز باستمرار أوكسجين إشعاعياً بصورة قوية (أوكسجين 13) له عمر نصفي قصير للغاية الذي كان يغذي الأنبوب الذي يصل إِلى شرياني. ومنه انتشر بسرعة إِلى أطراف جسمي. قبل تشغيل النشاط الإشعاعي، استلقيت وأدخلت رأسي في حلقة من مكشافات الغاما التي أحاطت برأي كهالة كبيرة. وتراجع الأطباء والباحثون المجتمعون إِلى ما وراء جدار من رصاص وتركوني وحدي في شبه صمت لأفكر بالطنين المستمر للجهاز الإلكتروني بينما انتشر النشاط الإشعاعي في مجرى دمي. وعندما أصبح الأوكسجين الإشعاعي داخل دماغي فَسُدَ وأطلق

البوزيترون. إن البوزيترون عبارة عن قطعة من المادة المضادة، شيء من الخيال العلمي: عندما اصطدمت المادة المضادة بمادة دماغي أباد كل منهما الآخر، الأمر الذي شكَّل انفجاراً من أشعة غاما عالية الطاقة. وانقذفت الأشعة خارج دماغي فأوقفها طوق من مكشافات غاما. وبالعودة إِلى مسار أشعة غاما التي انقذفت بالوقت نفسه في اتجاهات مختلفة، استطاع الكمبيوتر أن يُقَدِّر أين وقع التصادم وبالتالي أين كان الأوكسجين الإشعاعي في أوقات مختلفة بعد أن دخل إِلى مجرى دمي. وتنشيط قسم من دماغي بمهمة عقلية أدَّى إِلى استعمال طاقة متزايدة من قبل ذلك القسم من الدماغ، وبالتالي حاجة متزايدة للأوكسجين والغلوكوز يؤخذان من الدم المحيط بتلك المنطقة. إن استعمال الطاقة الموضعي في الدماغ ينبه في الواقع الإمدادات وذلك بتوسيع الأوعية الدموية الموضعية، وبالتالي زيادة إمدادات الدم وبالتالي زيادة إمدادات الوقود إِلى هذه المنطقة من الدماغ. ونفذ الأوكسجين الإشعاعي في دمي ببطء شديد إِلى المناطق غير الناشطة من الدماغ ولكن بسرعة إِلى المناطق الناشطة بسبب إمدادات الدم المتزايدة. وبمقارنة نمط نفوذ الأوكسجين الإشعاعي إِلى دماغي خلال مهام عقلية مختلفة، استطاع الباحثون بمساعدة أجهزة كمبيوتر قوية أن يعرفوا أي المناطق أصبحت ناشطة وخلال أي مهمة. ولسوء الحظ، ينبغي تكرار المهمة عدة مرات لفصل الإشارة عن الصوت. ولذلك أصبح عقلي فاقد الحس عند نهاية التجربة.

ويستطيع جهاز PET أن يبحث ليس فقط عن الأوكسجين في

الدماغ، ولكن كذلك عن أي مادة يمكن أن يرتبط بها جزيء يُطلق البوزيترون. فمثلاً لقد استخدم شكل من الغلوكوز يطلق البوزيترون ليراقب التغيرات في استقلاب الطاقة في أجزاء مختلفة من الدماغ خلال مهمات عقلية. وقد أظهرت عدة دراسات أن نشاطاً عقلياً محدداً، كالقيام بحساب ذهني، يزيد استخدام الطاقة في عدد من مناطق محددة صغيرة من الدماغ، بينما ينقص استخدامها في مناطق أُخرى. وهكذا نجد أن استخدام الدماغ للطاقة إجمالاً لا يتغير كثيراً عندما نستخدمها لشيء محدد، مع أن الاستخدام الموضعي يمكن أن يزداد بصورة مفاجئة. مثلاً، إن استهلاك الدماغ للأوكسجين الكلي يزداد فقط بنسبة عشرة في المئة عندما ننتقل من الراحة إِلى حل معادلة رياضية صعبة وتهبط فقط بنسبة عشرين في المئة عندما ننام. هذه النتيجة التي تقول إن استخدام الدماغ للطاقة عموماً يتغير قليلاً نسبياً خلال نشاط ذهني بدت في البداية متناقضة، إذا افترضنا أن الدماغ يستهلك الكثير من الطاقة، وأن وظيفته الرئيسية هي النشاط العقلي. ولكن المسح الذي قام به جهاز PET حَلّ التناقض وذلك عندما أظهر لنا أن أي نشاط عقلي محدد يستخدم منطقة صغيرة نسبياً من الدماغ، وأن تغيير الأنشطة العقلية يستلزم زيادة النشاط في منطقة وإنقاص النشاط في مناطق أُخرى. إذاً يمكن أن يكون التغير الكلي للنشاط صغيراً. ولا يمكن لكل المناطق الدماغية أن تَنْشط تماماً في آن واحد: لا نستطيع أن نحل معادلة رياضية بينما نتحدَّث مع تاجر على الهاتف في الوقت نفسه. يمكن أن تكون الحياة مثمرة أكثر إذا استطعنا

أن نفعل ذلك، ولكننا لا نستطيع. إن الانتباه يعمل عمل المشعل الكهربائي داخل العقل، يحول تركيزنا العقلي من مهمة إلى أُخرى ولكن لا يسمح لنا أن نُعْنَى بأكثر من مهمة عقلية أَو مهمتين في آن واحد. ولكن إذا أصبحت جميع مناطق الدماغ ناشطة تماماً في آن واحد، عندئذٍ يرتفع استخدام طاقة الدماغ على نحو مفاجئ. وهذا ما يحدث فعلاً أحياناً في أحوال مَرَضِيَّة كما هو الحال في نوبات الصرع، أي عندما يمكن أن يزداد استهلاك أوكسجين الدماغ بنسبة أربعة أَو خمسة في المئة: والنتيجة الوحيدة، على كل حال، هي اضطراب عقلي تام.

كان هنالك نتائج مفاجئة للبحث، وهي أن النشاط العقلي لا يزيد فجأة استخدام الدماغ لكامل الطاقة. ولهذه النتائج المفاجئة نتيجة منطقية تقول إذا أنت أمضيت ساعة أَو يوماً تفكر ملياً، فليس لذلك أثر كبير على استخدامك لكامل طاقتك أَو حاجتك للطعام. إنَّ عاملاً خاملاً في مكتب، وكذلك أينشتاين Einstein، يستخدم طاقة أقل بكثير من عامل منجم (الذي استخدامه لكامل الطاقة تعادل ثلاثة أضعاف العامل في المكتب). فإذا أتعبك نشاط قلبي مطول، فليس بسبب نضوب طاقة الجسم أَو حتى الدماغ. ومن جهة أُخرى، يندر أن ينشأ تعب عامل المنجم أَو العدَّاء عن نضوب الطاقة من كامل الجسم، ولكن غالباً ما ينشأ عن نضوب الطاقة (أَو تغيرات أُخرى) داخل عضلات محددة لها علاقة بحركة العامل أَو العدَّاء. وبصورة مشابهة، إن تعب عامل مفكر قد يَحْدُثُ في مناطق دماغية محددة لها علاقة.

ونجد، في بعض الحالات، أن التعب قد يُراوَغ، وذلك بالتحول إلى نوعٍ آخر من المهمات العقلية مختلفٍ تماماً، واستخدام أقسام أخرى من الدماغ لم يصبها التعب بعد. ولسوء الحظ، لم يُعرف حتى الآن إلاّ القليل عن أسباب ونتائج التعب العقلي.

وبما أن تجربة الرسم الطبقي بانبعاث البوزيترون لم تخيفني نسبياً، تطوعت من أجل طريقة رئيسية أُخرى لتصوير النشاط الدماغي، وهي التصوير بالمرنان المغناطيسي MRI. ولحسن الحظ، كانت بالمقارنة مع التجربة السابقة، تجربة بلا ألم نسبياً، علماً أنّه كان عليّ أن أضع رأسي في فتحة سوداء تقع في مركز الآلة، التي كانت بصورة رئيسية مغناطيساً ضخماً، يُصْدِرُ مجالاً مغناطيسياً كبيراً عبر دماغي. لقد جَعَلَ المجالُ المغناطيسي بعضَ البروتونات التي تدور في دماغي أن تنجذب إليه. ثم دخلت سلسلة من الموجات الإشعاعية رأسي على شكل نبضات، جاعلة البروتونات تدخل إِلى المجال المغناطيسي على شكل موجات. وسبَّبت حركة البروتونات، بدورها، انبعاث موجات إشعاعية من دماغي التي اكتُشِفت بعدئذٍ بواسطة المكشاف الإشعاعي. وبعد ذلك، شَكَّلَ كمبيوتر قوي صورةً تفصيليةً لا تصدق عن داخل دماغي. ولقد أعطت الصورة وصفاً سُكُونياً عن الدماغ: ويأتي الجانب الفعَّال من حقيقة مفيدة هي أن الجزيء ـ هو موغلوبين ـ الذي يحمل الأوكسجين في الدم، مُعْطياً الدم لونه الأحمر، يتفاعل مع المجال المغناطيسي عندما يحمل الأوكسجين، ولكنه لا يتفاعل عندما لا يحمل الأوكسجين. وهذا

يعني أن الصورة بالمرنان المغناطيسي لا تكون واضحة في مناطق الدماغ حيث هنالك أوكسجين غزير، ولكن واضحة حيث هنالك القليل منه. وبمقارنة صورتين مختلفتين، أثناء قيام الدماغ بمهمتين عقليتين، تستطيع أن تأخذ فكرة عن المكان الذي يُستخدم فيه الأوكسجين، وبالتالي عن المكان الذي يَجري فيه النشاط الكهربائي ومعالجة المعلومات المرتبطة بهذه المهام. إنها فكرة ذكية. ولكنني أجد صعوبة في المحافظة على تركيز عقليّ عندما يكون رأسي ما يزال داخل الفتحة السوداء المليئة بضجة شديدة.

لقد اسْتُخْدِمَ المرنان المغناطيسي الفعَّال مؤخراً لاختبار أثر الانتباه والقدرة على الفهم. لقد اختبر نيلي ليڤي Nilli Lavie وزملاؤه في لندن نظريته التي تقول إن هنالك قدرة محدودة، وتقريباً ثابتة، في الدماغ من أجل معالجة المعلومات، ولذلك إذا ركَّزنا على مهمة واحدة مثيرة، عندئذ نهمل المنبهات الأُخرى. ولكن إذا كانت المهمة غير مثيرة عندئذ نلتفت إِلى منبهات أُخرى تصرف انتباهنا وتلهينا. لقد أعطى ليڤي Lavie المتطوعين الذين تجرى عليهم التجربة إما مهمة سهلة أَو صعبة ليقوموا بها بالكلمات على شاشة الكمبيوتر التي عليها رسم من نقاط متحركة على طرف الشاشة. وكان قد أظهر بحث سابق أن هذه النقاط المتحركة قد نَشَّطَتْ قسماً من الدماغ الذي قام بتحليل الأجسام المتحركة، وأن هذا النشاط يمكن أن يُكْتَشَف بالمرنان المغناطيسي الوظيفي. من غير ريب، عندما كان المتطوعون يقومون بالمهمة السهلة، كانت تَنْشُطُ مراكز الكشف عن الحركة في الدماغ،

مع العلم أن هنالك من أخبر المتطوعين أنهم قد يعانون من آثار ثانوية إذا التفتوا لهذه النقاط. ولكن عندما قام المتطوعون بالمهمة الصعبة لم يُنَشَّطْ مركز حركة الدماغ من قبل النقاط، وبالتالي لم يُلاحِظ المتطوعون المنبهات التي تصرف الذهن. إن النقطة الأساسية لهذا البحث تقول إننا نستطيع أن نحصل على انتباه مركَّز أَو أقل تركيزاً ولكن قدرة العقل الكاملة لمعالجة المعلومات محدودة وثابتة تقريباً. ولكن لماذا ينبغي أن يكون هنالك حداً كهذا فالسبب لا يزال لغزاً.

تُسْهِمُ حاجات الدماغ الكبيرة للطاقة في حساسيته الشديدة تجاه قصور إمدادات الطاقة. فبعد خمس أَو عشر ثوان بدون أوكسجين نفقد وعينا. وبعد عشرين ثانية نفقد السيطرة على عضلاتنا. وبعد أربع دقائق تُصاب العصبونات بأذى خطير. وبعد عشر دقائق فإننا قد نموت. وتستطيع أعضاء أُخرى كالعضلات مثلاً أن تبقى حية بدون أوكسجين أَو وقود. إن حساسية الدماغ هذه تنشأ، من جهة، من حاجاته المرتفعة للطاقة وكذلك من سعته المنخفضة لتخزين الطاقة. كما أنّها تنشأ من جهة أُخرى من ميزة غريبة نوعاً ما وهي أن المرسل العصبي الرئيسي للدماغ ـ غلوتاميت ـ مادة سامّة شديدة بالنسبة للعصبونات.

تُطْلَقُ مادة الغلوتاميت بصورة متقطعة في معظم تريليونات مراكز الاشتباك العصبي الموجودة في كل مكان من الدماغ، وتعمل على نقل المعلومات عبر مركز الاشتباك العصبي من عصبون إِلى عصبون مجاور. وعلى كل حال، تعود مادة الغلوتاميت التي انطلقت من

العصبون إِلى الخلية فوراً لإنهاء الإشارة ولتقوم بإطلاق المزيد من الغلوتاميت. وتتطلب عودة الغلوتاميت طاقة تنشأ عن كهرباء صوديوم غشاء الخلية. وعندما تنفد الطاقة مثلا، كما تنفد بسرعة عندما، تُغْلَقُ إمدادات الدم إِلى الدماغ في حالة السكتة الدماغية، تُطلق الغلوتاميت من العصبون إِلى مراكز الاشتباك العصبي. وعندما تصبح مادة الغلوتاميت في مركز الاشتباك العصبي، فإنها تنبه جميع متقبلاتها الطبيعية في العصبون المجاور، ولكنها تنبه متقبلاً خاصاً وهذا سبب هام ينتج عنه أذى لاحق. وهذا المتقبل لا يُنَبَّهُ بصورة طبيعية من قبل الغلوتاميت وحدها لأن له آلية رئيسية ثنائية. فهو ينفتح إذا وُجِدَتْ مادة الغلوتاميت وإذا أثير العصبون الذي يستقر عليه المتقبل. وتقوم هذه الآلية الرئيسية الثنائية بوظيفة الذاكرة للعصبون. وفقط ينشط المتقبل عندما يتلقى العصبون عدة رسائل مثيرة في آن واحد: ويُرْسِلُ تنشيط المتقبل إشارة خلال العصبون التي يمكن أن تغير وظيفته. وهذا أمر ضروري من أجل عملية التعلّم وتشكيل الذاكرة في الدماغ. ولكن ثبت أن هذا المتقبل ما هو إِلاَّ كعب أخيل بالنسبة للدماغ، لأن التنشيط المستمر يسبِّب موت العصبون. ومن أجل هذا السبب تُقْتَلُ العصبونات خلال السكتة الدماغية أَو داء التفسخ العصبي.

إن انخفاض قدرة الدماغ على تشكيل الطاقة قد يسبِّب أمراض التفسخ العصبي المرهقة التي، كما يبدو، تصيب بصورة متزايدة العالم المتطور. وتشتمل على مرض باركنسون وألزهايمر وهانتينغتون وتصلب الأنسجة الكثيرة والعصبون الحركي. وقد اكتُشِف الدليل

الهام على طبيعة مرض باركنسون سنة 1982 عندما رُوِّعَ أطباء الأمراض العصبية بظهور مفاجئ لعدد كبير من مدمني المخدرات الذين ظهروا للعيان متصلبين وبلا أدنى حركة. لقد ظهرت أعراض مرض باركنسون على هؤلاء «المدمنين المتصلبين» فجأة بين عشية وضحاها، بينما عادة ما يكون تقدم هذا المرض الموهن على شكل تفسخ بطيء لدماغ هرم. وقد كشف عمل عصبي دقيق أن المدمنين كانوا قد تناولوا مادة قذرة سامة MPTP دَسَّها مصمم المخدر. ونفذ هذا السم إِلى قلب أدمغتهم وقتل عدداً صغيراً من العصبونات التي تضبط حركة الجسم مما أدَّى بسرعة إِلى ظهور أعراض مرض باركنسون: ارتعاش وتصلّب العضلات، وفقدان الحركة العفوية. لقد قتل هذا السمُ MPTP العصبونات بإغلاق سلسلة النقل الإلكتروني داخل مايتوكندريا الخلية فحرمها من الطاقة. ولكن أيمكن أن يكون هذا دليلاً يشير إِلى الطريقة التي تسبب المرض؟ وبعدئذٍ، فحص الأطباء أدمغة مَرْضىٰ باركنسون الموتى ووجدوا أن عصبونات المنطقة نفسها كانت مصابة بانغلاق المايتوكندريا نشأ ربما من هجوم الشقوق الطليقة، أوكسيد النيترك أَو السموم الأُخرى. إننا ما زلنا لا نعرف السبب الأساسي لِمرَضِ باركنسون وأمراض التفسخ العصبي الأُخرى. ولكن يبدو أن هبوط تشكيل طاقة المايتوكندريا يفسر جزءاً هاماً من الأحجية.

إن قدرة الدماغ على تشكيل واستخدام الطاقة ينخفض مع تقدم العمر. أما السبب فغير واضح. ولكن ربما يعود إِلى تحولات DND

المايتوكندريا التي تزداد بصورة ملفتة مع تقدم العمر. أَو ربما إِلى الأذى المتراكم باستمرار بسبب الشقوق الطليقة التي يمكن أن تكون العصبونات حساسة بوضوح تجاهها لأنها لا تستطيع أن تنقسم وتجدد نفسها. أَو قد تكون المسألة مجرد هبوط في حاجات الدماغ للطاقة مع تقدم العمر. وقد أثبتت التجارب التي أجريت للحيوانات أن مقدار المايتوكندريا في منطقة محددة من الدماغ يمكن أن تتغير بصورة ملفتة إذا ازداد أَو نقص استخدامها. فإذا وضعنا غطاءً بصورة دائمة على عين قطة مثلاً، فإن أقسام الدماغ التي تحلل المعلومات البصرية القادمة من العين كانت تحتوي على بضع جزيئات من المايتوكندريا، ويمكن أن تشكل طاقة ضئيلة نسبياً، ربما لأنه كان هنالك حاجة لطاقة ضئيلة كما افترضنا. لقد جرت هذه التجارب لحيوانات صغيرة السن وليس لبشر مسنين. ولذلك نحن غير متأكدين فيما إذا كان الاستخدام المتناقص لمنطقة دماغ شخص راشد سوف يؤدي إِلى تشكيل طاقة أقل. ولكن يبدو أن هذا الأمر بعيد الاحتمال لأن هذا يحدث في الأعضاء الأُخرى للجسم. مثلاً، إن استخداماً عضلياً متناقصاً من قبل البشر يؤدي إِلى محتويات متناقصة من المايتوكندريا وبالتالي قدرة عضلية متناقصة. فإذا حدث هذا في الدماغ فإنه يمكن أن يتوقف. أَو يمكن تأخير هبوط تشكيل الطاقة مع تقدم العمر وذلك باستخدام الدماغ. وتدعم هذه المسألة فكرة تقول إن تراجع الوظائف العقلية مع تقدم العمر يمكن أن يُبَطَّأ وذلك بنشاط عقلي قوي. ويمكن أن يتسارع بنشاط عقلي ممل وغير مثير. وقد ينطبق هذا على كل

الأعمار. وقد أظهر بحث معاصر قام به رجل ألماني أخصائي بعلم النفس أنه حتى قضاء إجازة لمدة عشرة أيام يمكن أن ينقص محصلة ذكائك. وقد وُجِدَ أن الأشخاص الذين اختُبِروا قبل وبعد قضاء إجازتهم قد فقدوا مؤقتاً عدداً من النقاط تصل إِلى 20 نقطة من مقياس محصلة الذكاء. وقد يكون ذلك بسبب انعدام التنبيه العقلي المتعمد خلال الإجازة. وإذاً، ينبغي أن يكون شعارنا «استخدمه؛ وإِلاَّ سوف تفقده!!».

الفصل 12

الجنس والنوم

الطاقة الجنسية

«كانت تعمل في ساعة متأخرة من الليل في البيت الأبيض تلك الليلة، وانطلق الصوت الوحيد لكعب حذائها العالي وتكرر صداه في الممر المظلم الممتد أمامها. ربما كانت تخشى انطفاء الإثارة المبهجة التي كانت تَنْبُضُ في أوردتها نهاراً ـ كأنها كهرباء سائلة ـ كانت تتوق للجنس على نحو موجع. وبينما كانت تمر بجانب الجناح الرئاسي، فُتِحَ باب وأنار شعاع من ضوء جسدها الصالح للزواج. وأشار إليها طيف بالدخول وضغط بإصبعه على شفتيها لتحافظ على الصمت. وانطفأت الأنوار والتهب رجل وامرأة في الظلام وقد شحنها هرمونات هائجة. وعندما انطفأت النار في النهاية، تسلَّل الرجل إِلى خارج الغرفة وهَمَسَ بينما كان يغلق الباب «شكراً، سيدتي الرئيسة».

الطاقة الجنسيَّة عبارة من العبارات التي تشير إِلى حالة الطاقة العامة للفرد. وهكذا نجد أن اللياقة البدنية مثلاً ترتبط بطاقة جنسية

مرتفعة بينما يُضْعِفُ التعبُ والإرهاقُ والمرضُ الحافزَ الجنسي. وغالباً ما يرتبط الإنفعال الشديد باتصالات جنسية غير شرعية، بينما يؤدي الاكتئاب إِلى حافز جنسي منخفض ـ بل وحتى إِلى عجز جنسي ـ والمنبسطُ يُمارِسُ الجنس أكثر من الانطوائي وله شركاء وأساليب أكثر منه. وكما رأينا، إن الإثارة العامة التي يسبّبها الخوف والإهابة وأي منبِّه تقريباً (كالسلطة السياسية مثلاً) يمكن أن تغمر الإثارة الجنسية المتزايدة. وهكذا نجد أن الطاقة الجنسيَّة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمستويات الطاقة العامة.

يمكن أن تنقسم الطاقة الجنسيَّة إِلى الحافز الجنسي (الرغبة في ممارسة الجنس) والقوة الجنسية (القدرة على الأداء). ومن الشيق أن نعرف أن الفكرتين مرتبطتان ارتباطاً وثيقاً بحيث يرتبط الحافز القوي للجنس بالقوة الجنسية العالية. ولكن قد يصبحان منفصلين. مثلاً، قد يكون لديك الحافز الجنسي العالي ولكن بقوة جنسية منخفضة.

يعود مفهوم الطاقة الجنسيَّة ودورها في توفير طاقة الفرد إِلى الطاويين الصينيين القدماء على الأقل. لقد استخدموا مجموعة كبيرة من عقاقير عشبية مثيرة للشهوة وأعشاب معقدة مُصَوِّرة للحب الجنسي لتوجيه وتعديل جريان الطاقة الجنسيَّة إِلى جميع أطراف الجسم، معتقدين أن ذلك لا يزيد فقط المتعة الجنسية ولكنه يزيد كذلك الحيوية العامة ومدى الحياة. قد تؤيد هذه الأفكار العلاج الروماني الذي استخدم لتجديد شباب المسنين: النوم لليلة واحدة بين فتاتين عذراوين. حسب اليوغا التأملية الهندية، هنالك من

استخدم الجنس حسب الطقوس الدينية لإطلاق طاقة الأنثى من قاعدة العامود الفقري وربطها بطاقة الذكر في الرأس لإحداث التنوير الروحي. لقد اعتقد فرويد Freud أن الطاقة الجنسيَّة (أَو الليبيدو) من أقوى عناصر القوة في النفس. وطور تلميذه ريتش Reich الطاقة الجنسيَّة على نحو أبعد من ذلك محولاً الطاقة الحيوية كما دعاها إِلى قوة حياة شاملة تنطلق خلال هزّة الجماع، ويمكن أن تشاهد كنور أزرق متذبذب.

قُسِّمَ تحليل كتاب «الاستجابة الجنسيَّة لدى الإِنسان» من قبل ماسترز Masters وجونسون Johnson بكتابهم الرائد الذي حمل الاسم نفسه ونُشِرَ في الستينيات من القرن العشرين في فترة التساهل والإباحية. وحسب تحليلهما المفصل، يمكن للجنس أن يقسم إِلى أربع مراحل: (1) الإثارة التي تؤدي إِلى انتصاب القضيب لدى الذكور، انتصاب الحلمات والبظر وتضخم الثدي وسائل مُزَلِّق لدى الأنثى. (2) زيادة في معدل نبضات القلب وضغط الدم ومعدل التنفّس والتوتر العضلي. (3) هزّة الجماع التي يرافقها القذف لدى الذكر وتقلص متكرر في رحم الأنثى. (4) انحلال العقدة، عندما تتوقف التغيرات في المراحل الثلاث ويتبعها فترة غير مستجيبة للمنبِّه، فترة لها طول متنوع (لدى الرجال) لا يكون خلالها القذف أَو هزّة الجماع ممكن الحدوث. ويختلف طول وقت تلك المراحل باختلاف الأفراد. وعلى خلاف الرجال، للكثير من النساء هزّة جماع كثيرة، أي قادرات على التمتع بأكثر من هزّة جماع واحدة بدون الفترة التي لا

تستجيب للمنبِّه إذا استمرت الإثارة الجنسيَّة القوية. ويسبِّب التقدم بالعمر عموماً انخفاضاً في شدة جميع هذه الاستجابات، كما يسبِّب التناقص في صلابة القضيب والتناقص في السائل المزلِّق في الرحم صعوبة في ممارسة الجنس، ولكن يحافظ القضيب والبظر والرحم على الحساسية تجاه المنبِّه حتى سن الشيخوخة.

اكترث الرجال في كل الأعمار بدعم وعجز القدرة الجنسيَّة. وكان لذلك صفة مرادفة لكلمة «رجل». يُنَظِّمُ الفحولةَ أَو القدرةَ الجنسيَّةَ الهرمونات الجنسيَّة، وخاصة تيستوستيرون، الهرمون الذي تفرزه الخصية. ويَقْطَعُ الخِصْيُ إمدادات التيستوستيرون وعادة ما يسبِّب ذلك انعدام الطاقة الجنسيَّة أَو الليبيدو ولكن يمكن أن تُسْتَرد وذلك بإرجاع التيستوستيرون. وعلى نحو مشابه، يرتبط انخفاض التيستوستيرون بحافز جنسي منخفض وقدرة منخفضة على الانتصاب والقذف. ولذلك يؤثِّر التيستوستيرون على الدماغ داعماً الحافز الجنسي، ويؤثِّر على الجسم داعماً الأداء الجنسي. يبلغ الحافز الجنسي الذروة في آخر سن المراهقة وفي آن واحد مع الذروة التي تصل إليها مستويات التيستوستيرون (مرحلة الهرمونات الجامحة) وتنخفض هذه المستويات بالتدريج بعد سن الخامسة والخمسين وبالتوازي مع انخفاض الأداء الجنسي. أما العلاج بإرجاع التيستوستيرون شائع الاستعمال لمعالجة العجز الجنسي ولكن يُنْصَحُ به أحياناً لإيقاف النقص العام للطاقة بسبب التقدم بالعمر. وعلى كل حال، ليس التيستوستيرون كل شيء بالنسبة للطاقة الجنسيَّة للذكر.

فالرجال المخصِيون، الذين اختبروا الجنس، يمكن في بعض الحالات أن يُنَبهوا جنسياً وأن يكونوا ذوي قوة جنسية لعدة سنوات. لذلك لا يشكِّل التيستوستيرون ضرورة أساسية من أجل الحافز أَو السلوك الجنسي.

عدد المرات التي يقذف الرجل خلالها، في الجماع أَو العادة السرية أَو الاحتلام، يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمعدل تشكيل السائل المنوي، الذي يختلف من رجل إِلى رجل ويعتمد على حجم الخصية كذلك. وبعد سن البلوغ وحتى سن الثلاثين، يشكل الرجل المتوسط ثلاثمئة مليون حيوان منوي في اليوم، ويحتاج أن يقذف ثلاث أَو أربع مرات في الأسبوع. وفي سن الخمسين تهبط هذه المعدلات إِلى 175 مليون حيوان منوي وإِلى القذف مرتين في الأسبوع. وفي سن الخامسة والسبعين تهبط إِلى عشرين من الملايين في اليوم والقذف إِلى أقل من مرة في الشهر.

في الحيوانات، يرتبط الإِستروجين، هرمون مثير الدورة النَزَوِيّة الجنسيَّة في الأنثى والذي يتذبذب خلال الدورة الشهرية، بالدافع والسلوك الجنسي. ولكن هنالك دليل ضعيف فيما يتعلّق بذلك لدى النساء. ولكن الإِستروجين ينظم عملياً سائل الإنزلاق والمرونة في الرحم. ولذلك تصبح ممارسة الجنس مؤلمة في سن اليأس وانقطاع الطمث، عندما يتوقف تشكيل الإِستروجين. ولكن يمكن إِيقاف هذه التغيرات وذلك بإِرجاع الإِستروجين. ومما يدعو للمفاجأة أن استئصال الغدة الكظرية التي تفرز مستويات منخفضة من هرمونات

جنسية ذكرية (كالتيستوستيرون مثلاً) يخفض الحافز الجنسي في أنثى القرود والنساء ولكن المعالجة بالتيستوستيرون يمكن أن يُعَوِّض ذلك في كلا النوعين. وهكذا نجد أن الهرمونات الجنسيَّة «الذكرية» قد تقوم بدور أعظم من الهرمونات الأنثوية في إثارة النساء جنسياً. وعلى كل حال، يتحول التيستوستيرون في أدمغة الرجال والنساء، وهو هرمون جنسي ذَكَري، إلى الإستروجين، وهو هرمون جنسي أنثوي، ويؤثِّر بهذا الشكل على الدماغ ليزيد الحافز الجنسي.

يبدأ الجنس في الدماغ. وتتحوّل منبهات الإثارة من الجسم والخيال والعالم الخارجي في الأعماق المظلمة من العقل إلى «جنس». ويستجيب الجسم بموجة من التيستوستيرون. ولا يزداد التيستوستيرون بالجنس فقط وإنما بتوقع الجنس كذلك. للتيستوستيرون الناتج آثار متنوعة على الجسم والعقل، ومنها تحريض نمو شعر اللحية لدى الرجال. وكان لذلك نتيجة مفاجئة تقول إن نمو اللحية مرتبط بالنشاط الجنسي ـ وقد يكون الملتحون ميالين للجنس على كل حال. وقد اكتشف ذلك رجل لم يذكر اسمه في الستينيات من القرن العشرين الذي لاحظ أن كمية شعر اللحية المقصوص الذي تجمع في آلته الكهربائية للحلاقة كان يزداد عندما يكون أكثر نشاطاً جنسياً. كما أن مجرد توقع نشاط جنسي كان كافياً لتحريض نمو اللحية. ونشر الرجل ذلك في مجلة نيتشر Nature. ولكن كان عليه أن ينشر ذلك دون ذكر اسمه، ربما لأن اسمه سوف يغير موقف زوجته تجاه أنشطته. وعلى كل حال، تستطيع بعض الزوجات اليوم

أن يستخدمن نتائجه لمراقبة النشاط الجنسي لدى أزواجهن، وذلك بملاحظة مقدار نمو شعر وجه شركائهن بين حلقتين نظاميتين. مثلاً بتلمس خشونة ذقنه قبل الحلاقة أَو معرفة الكآبة التي تلازمه الساعة الخامسة.

خِلافاً للتوقعات، يقول بحث معاصر إن للنساء الاستجابة الهرمونية نفسها تجاه المنبهات الجنسيَّة والكتابات والصور الإباحية. فقد طلب أستريد جوت Astrid Jutte وزملاؤه من معهد لودوينغ بولتزمان Ludwing Boltzmann في ڤيينا من عشرة رجال وعشر نساء أن يشاهدوا فيلماً إباحياً لمدة خمس عشرة دقيقة فتضاعف مستوى التيستوستيرون في دم كل من الرجال والنساء. كما بينت دراسات أُخرى أنه كلما شَكَّلت المرأة تيستوستيرون أكثر خلال دورتها الشهرية، كانت أكثر نشاطاً جنسياً. ولكننا لا نعرف إِلاَّ القليل عن أثر موجات التيستوستيرون قصير الأمد على الحافز الجنسي الأنثوي أَو الدافع الجنسي.

يؤثِّر التيستوستيرون على الدماغ ليزيد الطاقة الجنسيَّة، وبصورة خاصة من خلال مراكز الهايبوتلامس الجنسيَّة. ويحتوي الهايبوتلامس الموجود في قاعدة الدماغ على منطقتين مميزتين (نواتين) تتخصّص واحدة منهما في تنظيم الجنس لدى الرجال والأُخرى لدى النساء. ويزداد النشاط الكهربائي في هاتين النواتين أثناء الجنس في الحيوانات. ويسبِّب التنبيه الكهربائي النشاط الجنسي الذَّكَري النموذجي عندما تُنَبَّهُ النواة الذَّكَرية والنشاط الأنثوي عندما تُنَبَّهُ النواة

الأنثوية. ويسبِّب الخِصْيُ نقصاً في النشاط الكهربائي للنواة الذَّكَرية الذي يمكن أن يُسْتَرد وذلك بحقن كميات ضئيلة من التيستوستيرون في هذا المركز مما يؤدي إلى رجوع النشاط الجنسي الذكري. ويؤثر الهرمونان الجنسيان الأنثويان، الإستروجين والبروجيسترون، على النواة الأنثوية لتزيد النشاط الجنسي الأنثوي ـ على الأقل لدى الحيوانات. وتشترك أجزاء أخرى من الهايبوتلامس في تنظيم القذف وإطلاق الأكسيتوسين، الأمر الذي يحقِّق شعوراً ممتعاً للغاية خلال هزة الجماع. وهكذا نجد أن الهايبوتلامس هو العضو الجنسي للدماغ. ولكن أقساماً أُخرى من الدماغ تشترك كذلك في الإثارة والاستجابة الجنسيَّة.

يسبِّب الدماغ انتصاب القضيب من خلال الجهاز العصبي شبه الودي. ولكن الانتصاب لا يشبه تقلص عضلة ترتكز على الهيكل العظمي، علماً أن هنالك عضلة صغيرة في القضيب تشارك في القذف. وغالباً ما يكون الانتصاب نتيجة احتقان القضيب بالدم، وهي عملية مشابهة لنفخ البالون. وتؤثر الأَعصاب شبه الودية على الأوعية الدموية في القضيب لتفتحها وتسمح للدم أن يتدفق فيها. والمراسل الذي أُطلِقَ من قبل الأَعصاب لفتح الأوعية الدموية ليس النورأدرينالين. إنه في الواقع غاز ـ أُوكسيد النيتريك. إذاً يسبب أُوكسيد النيتريك انتصاباً لدى الرجال. وبهذه الطريقة يحقّق عقار مثل نيترات أميل الانتصاب. ويُشَبَّهُ العقار بوعاء تحميص الذرة حتى يتفتق، وهو المفضل لدى الرجال الشاذين. وتطلق نيترات الأميل

أوكسيد النيتريك في القضيب، الأمر الذي يسبِّب انفتاح الأوعية الدموية واحتقان القضيب بالدم. كما أنّه يسبِّب انتصاباً ويحافظ على استمراره. ويحقِّق أوكسيد النيتريك جزءاً من الاستجابة الجنسيَّة الأنثوية وذلك بزيادة تدفق الدم في الرحم والبظر والشفرين والثديين ويؤدي ذلك إِلى تضخم هذه الأنسجة والسائل المزلق في الرحم.

الڤياغرا، حبة القوة الجنسيَّة الذَّكَرية، تعمل بطريقة مختلفة تقريباً وتمنع الأنزيمات التي تفكك GMP الحلقية. إن GMP الحلقية مراسل جزيئي موجود في الجدار العضلي للأوعية الدموية والتي تخبر العضلات أن ترتخي كي يتوسع الوعاء الدموي وينفتح فيسمح بذلك لمزيد من الدم بالتدفق. يجعل أوكسيد النيتريك الأوعية الدموية تنفتح وذلك بتحريض GMP الحلقية، حتى إذا كان هنالك أي تشكيل GMP الحلقية فإنه بسرعة يزداد ليصل إِلى مستوى عال للغاية وسوف يحافظ على هذا المستوى. إذاً عند توفر الڤياغرا، فإن أي تنبيه جنسي يؤدي إِلى تشكيل أوكسيد النيتريك وGMP الحلقية سوف تسبِّب انتصاباً قوياً يدوم لمدة طويلة، لأن الڤياغرا تمنع تفكك GMP الحلقية. وهكذا تجعل الڤياغرا القضيب أكثر حساسية تجاه أي أوكسيد نيتريك في المكان. يمكن للڤياغرا أن تساعد القوة الجنسيَّة لدى النساء كذلك لأنها تزيد تدفق الدم في الرحم الذي بدوره يزيد الاستجابة الجنسيَّة وذلك بزيادة السائل المزلق مثلاً.

يمكن أن تكون الڤياغرا مميتة إذا وجدت العقاقير التي تشكل أوكسيد النيتريك في الوقت نفسه، وذلك لأن أوكسيد النيتريك ينبه

تشكيل GMP الحلقية بينما تمنع القياغرا تفكّكها ولذلك يرتفع مستوى GMP الحلقية إِلى مستوى عال للغاية. قد يكون لذلك آثار إيجابية على القضيب الذي يصبح منتصباً وصلباً صلابة الصخر. ولكن، لسوء الحظ يمكن أن يحدث التفاعل نفسه في الأَوعية الدمويَّة وتنفتح في الوقت نفسه وهذا يؤدي إِلى انخفاض مشؤوم في ضغط الدم وَيُحْدِثُ توقفاً قلبياً لدى الناس المصابين بأمراض قلبية.

ليس أوكسيد النيتريك مهماً فقط في انتصاب القضيب واحتقان الرحم والبظر. يستطيع كذلك أن يحقِّق الآثار المريحة للجهاز العصبي شبه الودي وينظم تدفق الدم في عدة أعضاء ويفرغ المثانة ويفتح الشرج وينظم تقلص الرحم أثناء الولادة والحركات الموجية في الأنبوب الهضمي وفتح الطرق التنفسية في الرئتين. إن أوكسيد النيتريك مراسل كذلك في الدماغ وله أهمية في تشكيل الذاكرة وتنظيم السلوك الجنسي. إنه حيوي كذلك من أجل دفاعات الجسم وضبط تخثر الدم كما يُستخدم في قتل العضويات التي تهاجم الجسم. إنها قائمة من أوراق اعتماد مثيرة للإعجاب عن غاز كان حتى سنة 1987 يُعرف كغاز ملوث صادر عن سيارة ومسبِّب لضباب ودخان كيميائي ضوئي. أما الآن فإنه يُعرف كواحد من أهم جزيئات الجسم.

اكتشف جوزيف بريستلي أوكسيد النيتريك في السبعينيات من القرن الثامن عشر قبل اكتشافه للأوكسجين. ولكن لما كان غازاً تفاعلياً للغاية وساماً إذا كان شديد التركيز ظن البعض لمدة أكثر من مئتي سنة أن الجسم الإِنساني لم يكن يحتوي على شيء منه، ولذلك

جاء اكتشافه كصدمة علمية للمجتمع العلمي عندما برهن في سنة 1987 سالڤادور مونكادا Salvador Moncada في لندن، ولويس إغنارو Jouis Ignaro في جامعة UCLA أن أوكسيد النيتريك كان يُشَكَّل من قبل الخلايا في الجسم وكان يُنَظِّمُ معدل جريان الدم في الأَوعية الدمويَّة. وفي الوقت نفسه تقريباً وجد جون هيبس John Hibbs من جامعة أوتا أن نوعاً من خلايا الدم البيضاء macrophages كانت تشكل كميات كبيرة من أوكسيد النيتريك لقتل الكائنات الممرضة المهاجمة كالباكتريا والفطور والطفيليات والخلايا السرطانية. وخلال السنوات التي تلت، اكتشف الباحثون أن أوكسيد النيتريك موجود في كل مكان وثبت أنه يشترك في كل شيء تقريباً في الجسم والدماغ. وقد برهن سولومون سنايدر Solomon Snyder وديڤيد بريت David Bredt من جامعة جون هوبكنز John Hopkins سنة 1992 أن أوكسيد النيتريك كان يسبِّب انتصاب القضيب. وقد وَجَدْتُ وآخرون منذ عهد قريب أن أوكسيد النيتريك منظم هام لتشكيل الطاقة في الخلايا لأنه يؤثِّر مباشرة على المايتوكندريا لتنظيم جريان سلسلة النقل الإلكتروني.

يسبِّب اكتشاف جوهري، كدور أوكسيد النيتريك في مجال البيولوجيا موجة من الاهتمام في المجتمع العلمي. وكلما كان الاكتشاف كبيراً ومفاجئاً كانت الموجة كبيرة وهائجة. وما المهنة العلمية الناجحة إِلاَّ ركوب متن هذه الأمواج. ولذلك من الأفضل أن تدخل مبكراً عندما تكون الموجة صغيرة. ولكن عليك أن تختار موجتك بعناية لأنها فقط جديرة بالركوب إذا كانت ستكبَر. ولكنك لا

تريد شيئاً كبيراً أكثر مما ينبغي وإِلاَّ غمرتك الموجة تماماً. والدخول إِلى الموجة يعني تَبَنِّي فكرة الموجة الجديدة أَو نتيجتها أَو أسلوبها وتطبيقها على شيء آخر (شيء تعرفه وتستطيع أن تبحث فيه) وتوليد أفكار ونتائج جديدة وهامة، والتي يريد العلماء الآخرون استخدامها. وإذا اعتليت موجة اكتشاف عندئذ يبدأ بحثك باكتساب زخم وقوة دافعة. ولأنك تقدم الكثير من أوراق بحث علمية، فهناك من يدعوك لتتحدث في المؤتمرات العلمية. ويُبدي العلماء الشباب الأذكياء رغبتهم في العمل في مخبرك أَو التعاون معك. والأهم من ذلك كله ستحصل على منح سخية حتى تتمكن من دعم مخبرك بالمزيد من الناس والتجهيزات لإنتاج المزيد من الأبحاث. وتبدو الأمور لك على خير ما يرام ولكن إذا بَدَأَتْ موجتك (أَو فكرتك) تكبر فإنها تجذب مخابر أكثر وأكثر إِلى الميدان للتنافس معك. وتبدأ موجة الاكتشاف بالتحرك بصورة أسرع وأسرع لأن المخابر المنافسة تنتج وتستخدم نتائج المجال نفسه من البحث وتولِّد معلومات وأفكاراً بسرعة محمومة قد يصعب أن تجاريها. ولذلك، من الضروري لمخبرك أن يتطور أيضاً بسرعة الآخرين على الأقل لتكون في طليعة الموجة. ويبدأ الأدرينالين بالتدفق وعليك أن تقوم بجهد كبير لتبقى في طليعة القطيع. وإذا تخلّف مخبرك في مجال توليد الأفكار والنتائج فإنك سوف تتخلّف كذلك في مجال الحصول على المنح والناس والاهتمام بمخبرك. وفي أحوال كهذه، تُصْبِحُ المخابر منافسةً على نحو عدواني لأنها تحتاج أن تحصل على الأفضلية في منافستهم لتبقى وتنجح.

وفي مجال العلم، ليس هنالك جائزة ترضية إذا كان ترتيبك الثاني. الجائزة الوحيدة تُمْنَحُ للأول فقط. وفي النهاية سوف تتلاشى موجة الاهتمام لأنه ينبغي اكتشاف كل شيء واستخدام مجموعة من الأفكار والمعارف والأساليب التي اكتشفت. ولكنك إذا ركبت متن الموجة بنجاح فإنك سوف تنجز مخبراً كبيراً وتحقِّق سمعة قوية. والهدف النهائي، طبعاً، هو خلق موجتك الخاصة بك بفكر جديد كلياً أَو اكتشاف جديد أَو أسلوب حديث يُكَوِّن انطباعاً قوياً، بحيث يرغب الجميع أن يدخلوا في الموجة الهائلة الناتجة. وبذلك تستطيع أن تفوز بجائزة نوبل.

العلاقة القوية بين الجنس والطاقة تتمثَّل في أثر اللياقة البدنية على الطاقة الجنسيَّة. لقد أَخْضَعَ باحثون مجموعةً من الرجال كثيري الجلوس لبرنامج تمارين قوية، وبعد تسعة شهور قال ثلاثة أرباع المتدربين إنّهم كانوا يجامعون أكثر فأكثر. واكتشفت دراسة أُخرى أن السباحين في منتصف أعمارهم كانوا أكثر نشاطاً جنسياً ويتمتعون بالجماع أكثر من أقرانهم الذين لا يقومون بالتمارين. إن تمرينات لمدة خمس وأربعين دقيقة ثلاث مرات أسبوعياً كانت كافية لزيادة الرغبة الجنسيَّة. وكانت نتيجة هذه الدراسة أن الحياة الجنسيَّة للنساء والرجال الذين هم فوق الأربعين من عمرهم مشابهة لأولئك الناس الذين في آخر العشرينيات أَو أَوائل الثلاثينيات. وأظهرت دراسة أن ثمانين في المئة من العدَّائين ادعوا أن العَدْوَ حَسَّن حياتهم الجنسيَّة. وأظهرت دراسة أُخرى أن ثلثي راكبي الدراجات ادعوا أن رياضتهم

جعلت منهم عاشقين أفضل من غيرهم. ووجدت دراسة عن ثمانية آلاف امرأة أميركية قامت بها الاختصاصية بالمعالجة الجنسيَّة ليندا دو ڤايلارز Linda de Villers أن بين النساء اللواتي تدربن بانتظام قال رُبْعُهُن إن الرغبة ازدادت بعد التمرين. وقال أربعون بالمئة منهن إن إثارتهن كانت أسهل. وقال الثلث منهن إنهن كُنَّ يمارسن الجنس أكثر وأكثر. وقال الربع إنهن وصلن إِلى هزة الجماع على نحو أسرع. هنالك شك ضئيل فيما إذا كان يمكن للتمرين أن يزيد الطاقة الجنسيَّة. ولكن آلية هذا الأثر لا تزال مثيرة للجدل والخلاف. يزيد التمرين مستويات التيستوستيرون التي تُقوِّي الدافع الجنسي. ولكن لا تدوم هذه الزيادة عموماً إِلاَّ أقل من ساعة. وهذا وقت غير كافٍ لتفسير الأثر. وتُطْلَقُ هرمونات الإندروفين في الدماغ لتنشيط المزاج بعد عشرين دقيقة من التمرين الشديد وتدوم لمدة ثلاث ساعات بعد التمرين. قد يسهم ارتفاع المعنويات الذي يأتي بعد التمرين بإزالة الاكتئاب وزيادة الرغبة الجنسيَّة على الأقل مؤقتاً. وتُحسِّن اللياقة البدنية الصورة الذاتية والجاذبية كما تؤدي إِلى ثقة زائدة ذاتية وجنسية.

الجنس كالأكل. إننا نأكل لأننا جائعون ونمارس الجنس لأننا نتوق للجنس. بعد تناول الطعام نشعر بالشبع ونتجنّب الأكل لوقت محدد. وبصورة مشابهة، بعد ممارسة الجنس نُشبعُ جوعنا للجنس. ويحدد عقلنا والهرمونات مستوى الحافز الجنسي. ولكن الإثارة الجنسيَّة غالباً ما تطلقها المنبهات الخارجية كرؤية ورائحة وصورة

شخص نجده جذاباً جنسياً. تماماً كما يحدث الجوع برؤية أَو رائحة أَو فكرة الطعام. إن لتجربة الجنس بالذات شبهاً واضحاً لتناول الطعام: إنها تجربة حسية كذلك مع أنها تشمل كل سطح الجلد والفتحات، وليس الفم فقط. ولكن خلافاً لتناول الطعام إننا نستطيع أن نترفع عن الجنس دون أذىً واضح.

للثقافات المختلفة مقادير من الجنس وكيفيات تختلف اختلافاً جوهرياً. يَنْشُطُ شعب مانغايا من جزر بولونيسيا جنسياً في بداية المراهقة ويتمتعون بالجنس مراراً وتكراراً خلال سن البلوغ. وليس غريباً لاثنين أن يمارسا الجماع ثلاث أَو أربع مرات في الليلة وخمس وست مرات في الأسبوع ولمدة سنوات. ومن جهة أُخرى مغايرة لذلك، يُبْدي شعب دافي من غينيا الجديدة اكتراثاً ضئيلاً في ممارسة الجنس. ولا يحدث جماع قبل الزواج وقد لا يحدث خلال أَول سنتين. وبعد ولادة طفل، ليس هنالك ممارسة للجنس لأربع أَو ست سنوات. لماذا وكيف يحرمون أنفسهم من الجنس بهذه الطريقة؟ إنهم لا يتحدثون عن أي ضغط نفسي أَو توتر أَو شعور بالحرمان. إنهم شعب لا يُعْنى بالجنس كما يبدو. ويوحي التباين الموجود لدينا ولدى شعب مانغايا وشعب دافي أن الثقافة التي ننشأ فيها لها شأن كبير في تحديد مستوى حافزنا الجنسي.

مع أننا نُشبع رغبتنا بعد ممارسة الجنس، ولكن قد يتغير هذا الوضع إذا تغير الشريك، وخاصة لدى الرجال (والذكور من الحيوانات). لقد أظهرت دراسة أن الإرهاق الجنسي لدى ذكور

الجرذان والتوقف عن الجنس كان يتطلب وسطياً سبع مرات من القذف إذا ترك الذكر مع أنثى واحدة دائماً. ولكن إذا تغيرت الأنثى كل خمس عشرة دقيقة، فإن ثلاث عشرة مرة من القذف كان يلزم لإحداث الإرهاق. ويلاحظ هذا الأثر من التنوع لدى الخراف. عندما كان يُقَدّمُ للكبش النعجة نفسها مرة إثر مرة يُصبح الكبش أبطأ وأبطأ في الاتصال الجنسي ومُرْهَقاً بصورة واضحة أَو يفقد الرغبة بعد خمسة اتصالات جنسية. ولكن إذا قُدِّمَ له نعجات مختلفة كل مرة، كان الكبش يقوم بالاتصال الجنسي فوراً ومرة إثر مرة ـ إِلى أن أصيب بالإرهاق الشخصُ الذي كان يقوم بالتجربة. ولم تحدث تجارب مماثلة على البشر. ولكن دليلاً طريفاً يوحي أن النتيجة نفسها تحدث لدى الرجال، كما يزداد النشاط الجنسي إذا توفر تنوع من الشركاء.

يُعرف أثر التنوّع على النشاط الجنسي باسم «أثر كوليدج». وهذا الاسم مشتق من قصة عن رئيس أمريكي. في يوم مشكوك فيه، زار الرئيس كوليدج وزوجته مزرعة للدجاج. وسار كل واحد منهما في طريق مختلف: سار الرئيس مع المزارع وسارت مدام كوليدج مع زوجة المزارع. وبينما كانت مدام كوليدج تسير بالقرب من ديك يبدو أنّه واثق من نفسه، تساءلت بصوت مسموع عن عدد مرات الاتصال الجنسي التي يقوم بها الديك. «عشرات المرّات» أخبرتها مرافقتها. فقالت مدام كوليدج «أخبري الرئيس بذلك». وأبلغته بذلك. وكان كوليدج يُصغي بهدوء. ولكنه سأل «مع الدجاجة نفسها يا ترى؟» «لا

يا سيدي الرئيس. مع دجاجة مختلفة كل مرة». فأومأ برأسه وقال «أخبري مدام كوليدج بذلك».

للرجال عموماً شركاء جنس أكثر مما للنساء. ولكن ليس الأمر واضحاً إذا كان ذلك يتعلق بمورثاتنا أم ثقافتنا (مورثات ثقافتنا أم ثقافة مورثاتنا). من المعقول تطورياً أن يسعى الرجال وراء شركاء جنس آخرين أكثر من النساء، لأنه كلما كان لديه شركاء أكثر صار لديه أَطفال أكثر واستطاع أن ينشر المزيد من مورثاته. بينما إذا التزم بشريك واحد فإنه يستطيع أن يُنجب طفلاً واحداً كل تسعة أشهر على الأكثر. أما النساء فلا يستطعن أن يُنْجِبْنَ مزيداً من الأَطفال أَو المورثات إذا كان لهن شركاء جنس آخرون. ولا يتطلب هذا الأمر طبعاً حساباً دقيقاً يقوم به الرجال أَو النساء وإنما المورثات هي التي تقرّر مستوى الطاقة الجنسيَّة وما يثير جنسياً ومقدار أثر كوليدج الذي ينبغي أن نشارك به. لا يزال الاختلاف في الطاقة والدافع الجنسيين لدى الرجال والنساء أحد الأسباب الرئيسية للتنافر الاجتماعي والشعور بالقلق في عالمنا المعاصر.

النوم والنعاس

هل تشعر بالتعب؟ حسناً، استيقظ ـ حان الوقت لنتحدث عن النوم. في البداية، يبدو أن هنالك صلة ضعيفة بين النوم والطاقة ولكنهما يتصلان مع بعضهما اتصالاً وثيقاً. هنالك إيقاع بيولوجي رئيسي على شكل دورات في السنة والشهر واليوم، وربما كل تسعين

دقيقة يحدد مقدار التعب واليقظة اللذين نشعر بهما. أما الدورة اليومية للتعب واليقظة فهي أوضح دورة، ومن الصعب للغاية أن نتجاهلها. لأن كل شخص حاول أن ينهض باكراً جداً أَو أصابه ضيق بسبب تغير الساعة البيولوجية يستطيع أن يبرهن على ذلك. عندما نستيقظ غالباً ما نشعر بأن النعاس لا يزال مستمراً (ويرجع هذا إِلى مقدار النوم الذي حصلنا عليه) ولكننا نصبح أكثر يقظة بالتدريج. وتتذبذب يقظتنا خلال النهار. وتصل عموماً إِلى الذروة عند الضحى أَو بداية المساء. وبعد ذلك نلاحظ هبوطاً مستمراً يصيب اليقظة وارتفاعاً في مستوى النعاس إِلى أن يَغْلِبنا النوم. ويستمر هبوط مستوى اليقظة أثناء النوم. علماً أن هنالك تذبذباً مرة أُخرى في حالة النوم العميق. بعدئذ تزداد اليقظة ويتناقص النعاس قبل أن نستيقظ. وطبعاً يمكن لدورات اليقظة هذه أن تُقاطع بمنبهات خارجية كحالة طوارئ مثلاً أَو موقف مثير. ولكن الدورة اليومية عامل بيولوجي هام وحاسم.

كان ناثانيال كليتمان أبا بحثِ النوم المعاصر. وُلد كيهودي سنة 1895 في روسيا. وهاجر إلى فلسطين عندما كان عمره سبع عشرة سنة بعد أن عانى من الاضطهاد والمذابح. ودرس الطب في بيروت ولكن عند نشوب الحرب العالمية الأولى أخذ أول سفينة متيسرة، وكانت متوجهة إِلى أمريكا. وأخيراً استقر في مدينة شيكاغو وأنشأ هنالك أول مخبر للنوم. وكان في ذلك الوقت أول من بحث في النوم بدوام كامل في العالم. ولم يكن هنالك من عُنِيَ بالنوم في ذلك الزمن. وكان يُنظر إليه كعملية سلبية ليس لها علاقة بحالة اليقظة. وعلى كل حال، قام

كليتمان Kleitman باكتشافات مذهلة غيرت مفهومنا الكامل عن النوم. لقد اكتشف بصورة خاصة أن هنالك دورات من الأنشطة أثناء النوم، أي فترات من النوم العميق تنتشر فيها حركة عينية سريعة، وأن معظم الأحلام تحدث خلال هذه الفترات من الحركة العينية السريعة. إذاً، ليس النوم بعملية سلبية كما كان يُظن.

إذاً، ماذا يسبِّب دورتنا اليومية، وهل نستطيع أن نفعل شيئاً حيالها؟ ليس من الواضح حتى الآن ما هو سبب النوم والاستيقاظ. ولكننا نقول مرة أُخرى إن النورأدرينالين والسيروتونين والهايبوتلامس لهم صلة بهذه المسألة. يحتوي الهايبوتلامس على ساعة بيولوجية تدور كل أربع وعشرين ساعة تقريباً. وفي الواقع، يتراوح زمن الدورة بين ثلاث وعشرين وسبع وعشرين ساعة (أَو خمس وعشرين ساعة وسطياً) لدى أفراد مختلفين إذا عُزِلوا عن دورة الليل والنهار وعن زمن الساعة. وبصورة طبيعية، تحافظ الساعة البيولوجية باطنية النمو على انسجامها مع دورة الليل والنهار، وذلك بالتنبيه الضوئي لأعيننا التي ترسل إشارات عصبية إِلى ساعة الهايبوتلامس لتحافظ على الوقت الصحيح. وعلى كل حال، عندما تطير عبر مناطق زمنية كثيرة تجد فجأة أن الساعة غير منسجمة كلياً مع دورة الليل والنهار. وهذا يسبِّب اضطراباً لدورة اليقظة والنعاس.

الشعور الذي ينتابنا صباح يوم الاثنين قد يكون ناشئاً من السماح لأنفسنا بالانتقال إِلى أكثر من الإيقاع البيولوجي الطبيعي الذي مدته خمس وعشرون ساعة خلال عطلة نهاية الأسبوع والذهاب للنوم

متأخرين ساعة كل ليلة. وقد لا يصبح جسمنا يقظاً صباح يوم الاثنين إلاَّ بعد ساعتين من الوضع الطبيعي.

يشعر معظم الناس بنعاس خفيف بعد الغداء. وأظهر بحث عن النوم أننا ننام بسهولة أكثر في أول فترة ما بعد الظهر. ولذلك تنسجم عادة الحصول على فترة قيلولة بعد الغداء في بعض الأقطار مع إيقاع الإثارة الطبيعي.

بعد الساعة الموجودة في الهايبوتلامس، هنالك مركز النوم. يسبِّب التنبيه الكهربائي لهذا المركز نوماً لدى الجرذان، ويسبِّب أرقاً إذا أُصيب بالتخريب. يمكن للساعة أن تنظم دورة النوم واليقظة وذلك بإرسال رسائل عصبية إِلى مركز النوم المجاور. ولكن الساعة قد تُنَظِّمُ على نحو غير مباشر مراكزَ النورأدرينالين والسيروتونين الموجودة في جذر الدماغ. تَضْبِطُ هذه المراكزُ مستويات الدماغ العامة المتعلقة بالإثارة واليقظة، وذلك بتنظيم الإثارة والنشاط الإيقاعي للعصبونات الموجودة في بقية الدماغ وبتنظيم مقدار المعلومات الحسية التي تصل المناطق الواعية من الدماغ. وتصبح مراكز النورأدرينالين والسيروتونين أقل وأقل نشاطاً لأننا ننام بالتدريج بينما يسبب تنبيه هذه المراكز يقظة ونشاطاً. وتُسَبِّبُ المنبهات عموماً مثل الأمفيتامين والكوكائين التي تشبه أَو تدعم نشاط النورأدرينالين يَقَظةً وتكبح النومَ والنعاسَ. وبصورة مشابهة، التنبيه النفسي الناشئ عن مواقف مثيرة أَو مرعبة يُنَشِّطُ نظامَ الإنذار في الدماغ ويجعلنا نشيطين ومنبَّهين. وإن حادثاً فيه إهاجة أَو ضغط نفسي سوف يسبِّب إثارة،

وغالباً ما سيمنعنا من النوم وبالتالي يسبِّب لنا اضطراباً في النوم. يُنظِّم الهايبوتلامس والنورأدرينالين كذلك الجهاز العصبي الودي والأدرينالين في الجسم. وهنالك بعض الدلائل تقول إن الأدرينالين مرتبط باليقظة والنشاط. وعندما ترتفع مستويات الأدرينالين نستيقظ وعندما تنخفض نتجه نحو النوم. وعلى كل حال، لا يزال المبدأ الأساسي العصبي والكيميائي البيولوجي للنوم غير مفهوم تماماً حتى الآن.

تنسجم بضع عمليات نفسية مع الدورة اليومية، والتي منها انخفاض درجة حرارة الجسم درجة مئوية عندما ننام. وقد تلاحظ ذلك يوماً إذا سهرت حتى ساعة متأخرة من الليل عندما تشعر أنك بردت فجأة. وخلال النهار يرتبط ارتفاع حرارة الجسم بكل من اليقظة والانتباه. وينسجم كذلك إطلاق الكثير من الهرمونات مع الدورة اليومية. مثلاً، يُطلقُ هرمون النمو مباشرة بعد أن ننام. بينما يُطلق الكورتيزول الذي يحضر الجسم لنشر الطاقة قبل أن نستيقظ.

وللناس المختلفين أنماط مختلفة من النوم واليقظة خلال النهار وقد ترتبط بعض هذه الاختلافات بالشخصية. يتجه، مثلاً، المنطوون والمنبسطون نحو دورة يومية مختلفة. غالباً ما يكون للمنبسطين درجة حرارة أعلى وأداء أفضل مساءً. بينما يصل المنطوون إلى ذروة أدائهم وحرارتهم في الصباح. وينام بعض الناس ساعات أطول أَو أقصر من ساعات المعدل الوسطي. وأظهرت دراسات أن الناس الذين ساعات نومهم قصيرة يتجهون نحو الشخصية المنبسطة. أما الناس الذين ساعات نومهم أطول فيكونون من المنطوين. وتُحدَّدُ الاختلافات

الفردية على نحو ما من قبل المورثات وقد تعكس اختلافات في مراكز العاطفة والإثارة في الدماغ التي تؤثِّر بعد ذلك على النوم واليقظة. على كل حال، قد يكون السبب والنتيجة مخالفين لذلك تماماً، لأن نمط نومك قد يؤثر على نشاط يقظتك ومستويات إثارتك وسلوكك. وذكرت دراسات أُخرى بصورة حاسمة كذلك أنّه ليس هنالك علاقة دائمة بين عدد الساعات التي ينامها الفرد والشخصية.

كم ساعة نوم نحتاج يا ترى؟ لقد درس الباحثون أداء المتطوعين الذين خَفَّضوا بالتدريج عدد ساعات نومهم في الليلة. إن متطوعاً واحداً لم يستطع أن يُخَفِّض وقت نومه إِلى أقل من أربع ساعات ونصف في الليلة ولمدة مطولة. ولم يسبب الانخفاض إِلى خمس ساعات في الليلة تغيرات شخصية هامة كما لم ينخفض أداء عدد من المهام ولكنه أَحْدَثَ شعوراً متواصلاً بالتعب. وعلى كل حال، لا يسبِّب الحرمان من النوم عموماً تغيرات حادة في الأداء وخاصة فيما يتعلّق بالكلام والتفكير واتخاذ القرارات والذاكرة. هنالك حالات موثقة بصورة جيدة عن أناس جديرين بالذكر كانوا ينامون ساعة أَو ساعتين في الليلة دون أن يظهر عليهم آثار مؤذية ولكنها حالات نادرة للغاية. ويحتاج معظمنا إِلى سبع أَو ثمان ساعات مستمرة من النوم في الليلة لأداء عمل على أحسن وجه. ولكن لا يحصل الجميع على ذلك المقدار من النوم لعدة أسباب. وإن عدم حصولنا على ذلك المقدار من النوم من أهم الأسباب المعروفة للإرهاق.

إذا تركنا الدورة اليومية جانباً، قد يكون هنالك كذلك دورة

رئيسية للراحة والنشاط كل تسعين دقيقة إِلى مئة وعشرين دقيقة. وقد وُجِدَ هذا النوع من الدورات في الكثير من الأنشطة، كالقدرة على اكتشاف منبّه أَو القيام بمهمة أَو التخيل أَو النوم. وحتى في نومنا، نتبع دورة ذات تسعين دقيقة وتتذبذب بين نوم عميق ونوم خفيف نسبياً مع الأحلام. وهنالك المزيد من الدلائل أن السيطرة النسبية للجانب الأيسر والأيمن من الدماغ تتذبذب كل تسعين إِلى مئة دقيقة، ولذلك يمكن أن نتحرّك ذهاباً وإياباً بين الفكر التخيلي والفكر البدهي، وبين الفكر اللفظي والفكر العقلي أثناء الدورة.

ما يدعو للمفاجأة أن وظائف النوم والأحلام لا تزال لغزاً محيراً علماً أن هنالك آراء كثيرة قيلت حول ذلك. قال أفلاطون Plato وغالان Galan إن الأبخرة تصدر عن الطعام في المعدة وتتكاثف في الدماغ، فتغلق مسام الدماغ، فينشأ عن ذلك عزل الدماغ عن الجسم والحواس؛ ولذلك ننام. ربما تأثّرت هذه النظرية بعادة الطبقة العليا للإغريق الرومان الذين كانوا يتناولون وجبات كبيرة من الطعام ثم ينامون. وإذاً، كان الإغريق يعتقدون أن ليس للنوم وظيفة وإنما كانت عملية سلبية يفرضها الجسم على الدماغ. وقد ذُكِرَ حديثاً نظريات سلبية مشابهة عن النوم، وخاصة النظرية المشهورة أن النوم ينشأ عن إرهاق الجسم والدماغ. وقد يكون من الواضح أن وظيفة النوم هي راحة وترميم للجسم والدماغ. وعلى كل حال، ليس هنالك سبب واضح يبين لنا لماذا يحتاج الجسم أَو الدماغ راحة إِلاَّ لأننا نتعب. ونحن نتعب ليس لأن طاقة جسمنا تنفد (لأن هنالك الكثير من الطاقة

الجسدية في نهاية النهار بقدر الطاقة الموجودة في بدايته) وإنما لأن الدماغ يحملنا على النوم. ويبدو أن الوظيفة الأساسية للنوم ليس معالجة التعب وإنما وظيفة التعب أن يحملنا على النوم. ذلك لأنه ليس هنالك دليل يقول إن الجسم أَو الدماغ يرمم نفسه بسرعة أثناء النوم أكثر من السرعة التي يرمّم بها نفسه أثناء اليقظة. ومن جهة أُخرى، وبدون أدنى شك، إن النوم بلا أحلام حالة من الراحة منخفضة الطاقة لكل من الجسم والدماغ. وهي الحالة التي تكون فيها الطاقة أخفض ما تكون والتي ندخلها بصورة طبيعية قبل الموت. وتنخفض الحرارة وينخفض استهلاك الجسم للطاقة وينخفض الجهد العضلي وتهبط الحركة إِلى أدنى مستوى لها. ويتباطأ معدل القلب، وكذلك وظيفة التنفس والكلية، ويدخل الدماغ كذلك حالة من الراحة ذات استهلاك منخفض للطاقة ونشاط عصبوني متدنٍ. على كل حال، خمس وعشرون في المئة تقريباً من الوقت الذي نكون فيه نائمين نمضيه في حالة من الحياة مختلفة تماماً ـ نوم الحركة العينية السريعة ـ وهي حالة نوم الأحلام. ويتحدث تسعون إِلى خمس وتسعين في المئة من الناس الذين يستيقظون في هذه الحالة عن أحلام زاهية وناشطة. وخلال نوم الحركة العينية السريعة ترتفع مستويات استهلاك الطاقة إِلى درجة أعلى من الذروة في حالة اليقظة كما تصبح العصبونات أكثر نشاطاً. ويصاب الجسم بالشلل على كل حال (باستثناء العينين والعضلات التنفسية) حتى يمنعنا من تفعيل أَحلامنا. ولكن ينشط كل من الجهاز العصبي الودي وجهاز الإثارة الدماغي،

ربما من قبل إهاجة أَحلامنا، ويسبِّبان معدلات قلبية وتنفسية سريعة وغير منتظمة. إذاً، إن النوم في حالة الحركة العينية السريعة والنوم بدون الحركة العينية السريعة حالتان من الحياة مختلفتان تماماً ولهما مستويان مختلفان من الطاقة.

إذا لم يقم النوم بوظيفته التي هي علاج التعب، وإذا لم يرمم الجسم والدماغ أَو يبعد عنهما السموم، أَو آثار السموم، فما وظيفته يا ترى؟ في الواقع إن أحداً لا يعرف الجواب. تحدثت النظريات الحديثة لعلماء الأعصاب أن النوم والأَحلام عمليتان نشيطتان ضروريتان لإعادة برمجة الشبكات العصبية للدماغ وتجديد الذاكرة. ولكن ليس هنالك دلائل كثيرة تدعم هذه النظريات الجذابة. قد تكون وظيفة النوم توفير الطاقة. يكون استهلاك الطاقة في أدنى مستوى له خلال النوم. ولكن تستمر الحيوانات النائمة في نموها وتطورها وترميم نفسها. ويحتاج الحيوان أن يقسم وقته وطاقته بين التغذية والتكاثر والنمو. يقدم تناول الطعام طاقة للحيوان، ولكنه يستخدمها كما أنّه يتعرّض للافتراس. وهكذا عندما يلبي الحيوان حاجته للطعام والتكاثر فمن الأسلم له والأكثر توفيراً للطاقة أن يرتاح أَو ينام. كما أنه من المعقول أن ينظم دورة اليقظة والنوم مع دورة الليل والنهار لأن الكثير من الحيوانات لا تستطيع أن تصطاد أَو تتغذى ليلاً. وإنه لأمر بعيد الاحتمال أن يكون حفظ الطاقة هو وظيفة النوم الوحيدة لأن الراحة لا تستخدم طاقة أكثر من النوم حسب التقديرات. كما أن النوم ظاهرة عامة بين الحيوانات.

قال فرويد إن الأَحلام تعمل كصمام أمان لتفريغ طاقتنا العقلية الزائدة التي ولَّدتها حاجات أَو رغبات لم تُحَقَّق. وهكذا نجد مثلاً أن حافزاً للجنس لم يتحقَّق يمكن أن يتبدد جزئياً في حلم (جنسي مُقَنَّع أَو غير مُقَنَّع). وهذا يمنع التراكم الزائد للإثارة والقلق والنزاع. وقد حَدَّثَ هذه النظرية جيرالد ڤوجيل Gerald Vogel، معالج نفسي من جورجيا الذي قال، كلما تبدّد نشاط عصبي أكبر خلال نوم الحركة العينية السريعة، فإن عاملاً مسؤولاً عن الإهاجة أَو الإثارة أَو الدافع العصبي يستطيع في بعض الحالات أن يسبِّب إهاجة متناقصة في حالة اليقظة. ويقول ڤوجيل إنه يمكن للأحلام عملياً أن تَسْتَهْلِك الكثير من الطاقة الدماغية لدرجة أنها تصبح أقل توفراً في حالة اليقظة. وقد قال ذلك لأنه اكتشف أنه يستطيع أن يحرم الناس كلياً من نوم الحركة العينية السريعة (وذلك بإيقاظهم حالما تبدأ الحركة العينية السريعة) لمدة ثلاثة أسابيع بدون آثار مَرَضِيَّة خطيرة. وقد رَفَعَ حرمانُ الحيوانات من نوم الحركة العينية السريعة مستوى الإثارة لديهم. كما تَحَسَّنَ البشر المكتئبون سريرياً بصورة ملحوظة، وذلك بحرمانهم من الحركة العينية السريعة. وقد قال ڤوجيل إن ذلك قد تحقق لأن نوم الحركة العينية السريعة بَدَّدَ طاقتهم ودافعهم العقلي. وبَيَّن بصورة مقنعة أن العقاقير المضادة للاكتئاب والأكثر فعالية كانت كذلك تكبح نوم الحركة العينية السريعة. وقال إن السبب الذي من أجله أَوْقَفَتْ هذه العقاقيرُ الاكتئابَ كان أنها أزالت نوم الحركة العينية السريعة وبالتالي منعت التبديد والإهاجة العصبية. ومن أكثر أعراض الاكتئاب

انتشاراً نمط نوم مضطرب يشتمل على نوم أقل عمقاً ونوم الحركة العينية السريعة أكثر نشاطاً. ولذلك ربما يُفرِّغُ نومُ الحركة العينية السريعة الطاقةَ العقليةَ. إنها بكل تأكيد حالة دماغية ناشطة. وهكذا نجد أن الأَحلام، حسب رأي فرويد وفوجيل، تُفرِّغُ الطاقةَ العقليةَ. ولكن فرويد أكد أنه إذا كانت الطاقة العقلية زائدة فإن التفريغ أمر حسن. بينما أكّد فوجيل إذا كانت الطاقة العقلية منخفضة فيمكن أن يكون هذا التفريغ ضاراً.

لقد عرفنا الآن سلسلة من اضطرابات النوم المختلفة. وقد تكون السبب للتعب الذي يصيبنا نهاراً. وربما تعاني نسبة كبيرة من سكان العالم من حرمان نوم مزمن. ولقد اكتَشَفَتْ أبحاث جرت على نطاق واسع أن أربع عشرة بالمئة تقريباً من السكان يشعرون بصعوبة ما في نومهم. والنسبة أكبر لدى الأشخاص الأكبر سناً. وفي أمريكا، أحصت الهيئة الأهلية لدراسة اضطرابات النوم في مقالة مضنية توصلت فيها إِلى ما يلي:

> «هنالك أمر واحد لا ريب فيه في أمريكا: جودة وكمية النوم السائدة بين الناس أقل من جودة وكمية النوم المطلوبة. وتشير مجموعة علمية من البيانات وشهادة الشهود أن الكثير من الأمريكيين محرومون من النوم بصورة شديدة. ولذلك يشعرون بالنعاس على نحو خطير أثناء النهار».

ومما يدعو للدهشة أن الهيئة قالت إن ثلث البالغين في أمريكا ربما يعانون من شكل أَو آخر من الاضطرابات في نومهم. كما

أفصحت الهيئة أن معظم الناس يحتاجون على الأقل لسبع ساعات من النوم الهادئ في الليلة لتجنب أعراض الحرمان من النوم. وهنالك من يحتاج أكثر من ثمان ساعات.

الفصل 13

المزاج والجنون والطاقة الإبداعية

ما الذي يجعل بعض الناس نشيطين ويجعل آخرين مُرْهَقين بصورة دائمة؟ لماذا نكون أحياناً في كامل طاقتنا الإبداعية، ولماذا يكون آخرون في حالة من الاكتئاب والقلق؟ هل الإبداع مشابه للجنون؟ هل يُولَدُ الناسُ النشيطون أم يُصنعون؟ هل يستطيع مجتمع أن يزيد طاقة أعضائه؟ ما هي الحياة النشيطة؟ سيحاول هذا الفصل أن يجد أجوبة لهذه الأسئلة الصعبة.

المزاج والصحة

تقع مملكة أُخرى عميقاً تحت الحياة اليومية، العالم المظلم للاكتئاب، حيث كل شيء منعزل وصامت بلا حدود، ومنغلق على نفسه. ليس هنالك مشهد فاتن أَو إطلالة أَو أمل. ليس هنالك فكرة عن أي شيء غير فكرة النفس المنهارة، التائهة في ألمٍ لحياةٍ لا معنى

لها. آل ألفاريز Al Alvarez الشاعر والناقد، وصف ذلك في كتابه «المعتقد البدائي» (1972):

«بعد كل ذلك، عَليَّ أن أعترف أنني أخفقت في محاولة للانتحار... لقد هيأت ذلك بالتدريج لأقوم بالانتحار بعناية، ولمدة طويلة، وبنوع من العناد المطلق... كل جهد متقطع من العمل، كل نجاح صغير وخيبة أمل، كل لحظة من الهدوء والاسترخاء، بدا مجرد توقف مؤقت لسقوطي المستمر عبر طبقة بعد طبقة من الاكتئاب، كمصعد يتوقف لمدة لحظة في طريقه إلى القبو... شعرت أن حياتي مملوءة بأشياء موزعة بغير انتظام ومسدودة المنافذ، ولا أستطيع أن أتنفس. إنني أقمت في عالم مغلق كثيف السكان بلا هواء أَو مخرج للنجاة. إنني أشك في أن أحداً من المجتمع قد لاحظ ذلك. لقد كنت أكثر توتراً وأكثر عصبية من المعتاد، وشربت أكثر وأكثر، ولكن في أعماقي، أصابني شيء من الجنون».

الاكتئاب والمس على طرفي نقيض من طيف الطاقة العقلية. يتميز الاكتئاب بمزاج منخفض، وعدم وجود اهتمام أَو متعة في الحياة، اضطراب في التفكير والشهية والنوم، شعور بتفاهة الأشياء، أفكار عن الانتحار، إرهاق وانعدام النشاط. ويختلف عن الحزن العادي في أن هذه الأعراض تحدث في معظم الأوقات من اليوم وتستمر لأكثر من ثلاثة شهور. إن الاكتئاب منتشر بصورة ملحوظة

ويبدو أنه يزداد يوماً بعد يوم. وإن اثنين في المئة تقريباً من السكان مكتئبان سريرياً. وتتشابه هذه المعدلات في جميع أنحاء العالم. والمكتئبات من النساء ضعف المكتئبين من الرجال. ويُظْهِر إحصاء أن نسبة 5٪ إِلى 12٪ من الرجال، و10٪ إِلى 20٪ من النساء في أمريكا سوف يعانون على الأقل من حالة اكتئاب رئيسية في قت ما من حياتهم. وسوف يعاني 10٪ من هؤلاء الأفراد من شكل من أشكال المسّ، إضافة إِلى حالتهم من الاكتئاب. وذلك بنسبة واحد إِلى واحد. وسوف يعاني نصف في المئة من الأمريكيين من مَرَضٍ مَسِّي انقباضي أَو اضطراب ثنائي القطب. وفي أمريكا سنة 1992 قُدِّرتْ نفقات الاكتئاب بـ43 بليون دولار، وغالباً بسبب انخفاض الإنتاج. ولكننا إذا وضعنا النفقات جانباً، نجد أن الاكتئاب عبارة عن جحيم بالنسبة للحياة التي يعيشها المكتئب. ولذلك ينتحر 15٪ من المصابين بالاكتئاب كل سنة.

يبدو أن الاكتئاب ينشأ عن انخفاض نشاط جهازي توليد الطاقة في الدماغ: أي النورأدرينالين، والسيروتونين. وتقوم هذه الفرضية على نتائج أبحاث مختلفة تجعل الفرضية جذابة ولكن ليست حاسمة. لقد اكتُشِفَ أن مستويات السيروتونين منخفضة في أدمغة محاولي الانتحار الذين يعانون من الاكتئاب. إن العقاقير التي تؤدي إِلى نضوب السيروتونين والنورأدرينالين في الدماغ تسبِّب الاكتئاب في البشر. وإن الأصناف الثلاثة من العقاقير التي استخدمت بنجاح

لمعالجة الاكتئاب يعزّز كل صنف منها جهازي السيروتونين والنورأدرينالين بطرائق مختلفة. وعلى كل حال، من المحتمل أن تكون أسباب الاكتئاب أكثر تعقيداً من ذلك. وتبين دلائل معاصرة أن الاكتئاب متعلق بالاضطراب في استجابة التوتر لمحور الهايبوتلامس ـ والغدة النخامية ـ والكظر، وبشكل خاص إطلاق هرمون الكورتيكوتروبين CRH من قبل الهايبوتلامس.

إن مركز القيادة الرئيسي الخاص بتنظيم الطاقة في الجسم والعقل هو الهايبوتلامس. ولكنه يُنَظِّمُ مراكزَ الإثارة في الجسم والعقل بصورة كبيرة من خلال هرمون واحد رئيسي أَو المرسل العصبي: CRH. إن CRH مرسل عصبي يُطلَقُ من قبل عصبونات الهايبوتلامس لتنبيه مراكز الإثارة في الدماغ والجهاز العصبي الودي. إن إطلاق CRH من الهايبوتلامس ما هو إِلاَّ إشارة تسبِّب في النهاية إطلاق هرمون التوتر، الكورتيزول، من الغدة الكظرية، مرة أُخرى، إن CRH الذي يُطْلَقُ من قبل الهايبوتلامس هو الذي ينبّه إطلاق الأندروفين الذي بدوره ينظم المزاج والألم.

هنالك دلائل متزايدة، ولكن لا تزال غير نهائية، تربط الطاقة والمزاج والاضطرابات الالتهابية بقصور استجابة توتر الهايبوتلامس. يَفْتَقِرُ الاكتئاب الشاذ إلى أعراض متعلقة بقلق الاكتئاب العام، ولكن له أعراض اللامبالاة والإرهاق والنوم المتزايد والأكل المتزايد. يرتبط هذا النوع من الاكتئاب باستجابة توتر غير حادة ومهمة لِـ CRH

ضعيفة. إن شخصاً مصاباً بمجموعة أعراض الإرهاق المزمن، أَو ما يسمى ME، يظهر عليه كلاسيكياً أعراض اللامبالاة والإرهاق وتستمر الأعراض لمدة أطول من ستة أشهر. ولكن عادة ما يصاب بالاكتئاب والحمى وآلام المفاصل والعضلات وأعراض تحسّس ومستويات عالية من الأجسام المضادة للڤيروسات (مثل ڤايروس إبستين ـ بار)، وهنالك من يقول إن نقصاً في هرمون CRH أَو قصوراً في الهايبوتلامس يمكن أن يسبِّب سباتاً لمجموعة أعراض الإِرهاق المزمن، لأن CRH ينظم طاقة الجسم والعقل من خلال تنبيه الجهاز العصبي الودي ومراكز الإثارة في الدماغ. كما أن الاختلال الوظيفي للهايبوتلامس أَو الغدة النخامية يمكن أن يفسر النشاط الزائد لجهاز المناعة لدى المرضى المصابين بمجموعة أعراض الإِرهاق المزمن. يُؤَيِّدُ هذا الاحتمال اكتشافٌ يقول إن حقن CRH في المرضى المصابين بإِرهاق مزمن يسبِّب استجابة مؤجَّلة وضعيفة. وتُشاهَدُ هذه الاستجابة الناقصة نفسها لدى المرضى الذين يعانون من إصابة في الهايبوتلامس. وهذا يوحي، ولكن لا يبرهن، أن الذين يعانون من الإِرهاق المزمن لديهم خلل في تنظيم الهايبوتلامس لاستجابة التوتر.

خلافاً للاكتئاب الشاذ، إن الاكتئاب العام، وهو الأكثر انتشاراً، يتميز ببعض الأَعراض التي يمكن أن توصف بحالة من الإثارة المفرطة ومشتملة على قلق مزمن وأرق. وواحد من التغيرات البيولوجية المعروفة على نطاق واسع والذي يمكن تكاثره لدى

المرضى المصابين باكتئاب عام هو المستوى العالي للكورتيزول الموجود في الدم بسبب المستوى العالي لـCRH الذي يُطْلَقُ من قبل الهايبوتلامس. تزداد مستويات CRH في الدماغ وتنخفض لدى المرضى المكتئبين عند استخدام علاج مضاد للاكتئاب أو علاج التشنج بالكهرباء ECT. إن إدخال CRH في أدمغة حيوانات المخابر يصيبهم بأنماط سلوكية خاصة بالمرضى الذين يعانون من الاكتئاب العام: وتشتمل على الأرق وشهية متناقصة وليبيدو متناقص وقلق زائد. على كل حال، لا تستطيع الجرذان أن تخبرنا فيما إذا شعرت بالاكتئاب أم لا. وليس من الأخلاق الحميدة أن نحقن هرموناً يسبِّب الاكتئاب في أدمغة البشر. ولذلك لا نستطيع أن نجزم بأن CRH يسبِّب اكتئاباً للناس. وتقول الفرضية غير النهائية، على كل حال، إن الاكتئاب العام يمكن أن يكون نتيجة النشاط الزائد لاستجابة التوتر، أي عصبونات الهايبوتلامس التي تطلق CRH. وقد يسبِّب ذلك قلقاً وأرقاً ومستويات كورتيزول زائدة وهي الميزة الخاصة بالاكتئاب.

إذا كان الاكتئاب ينشأ عن النشاط الزائد لخلايا استجابة التوتر الموجودة في الهايبوتلامس، فماذا يسبب النشاطَ الزائدَ أصلاً؟ يقول تشارلز نيميروف Charles Nemeroff من جامعة إموري؛ إن توتر الطفولة، الذي يتضاعف مع نزعة إِلى الاكتئاب، يمكن أن يسبِّب نشاطاً زائداً لعصبونات استجابة التوتر الموجودة في الهايبوتلامس. وقد يستمر هذا النشاط الزائد حتى سن الرشد، مسبِّباً مستويات عالية من CRH الذي بدوره يُحْدِثُ الصفات السلوكية للاكتئاب. وهكذا

نجد أن الفرضية تقول إن توتر الطفولة، إذا أُسيء إليه أَو أُهمل، يُحْدِثُ تغيرات دائمة لاستجابة التوتر في الدماغ، الذي يُطْلِقُ عندئذ الاكتئاب في سن الرشد. وقد جُرِّبتْ الفرضية على الجرذان، وذلك بفصل صغار الجرذان عن أماتها مراراً وتكراراً لوضع الصغار في حالة من التوتر. وعندما كبر الصغار وُجِدَ مستويات عالية من CRH في أدمغتها واستجابة توتر زائدة. وهذا يؤيد الفرضية. ومع ذلك، ليست الجرذان من البشر. أما كيف تنسجم قصة CRH مع نظرية السيروتونين والنورأدرينالين عن الاكتئاب فلا يزال السبب مجهولاً. وإن كل ما لدينا عبارة عن بعض القطع من أحجية الصور المقطعة، ينسجم بعضها ولا ينسجم بعضها الآخر.

إن جهاز الهايبوتلامس لاستجابة التوتر يُنَظَّمُ من قبل المراكز العاطفية في الدماغ التي تنبه مباشرة الهايبوتلامس في مواقف الإنذار والخوف والتوتر. ومعظم أفعال الجهاز عموماً مصمّمة لمكافحة التوتر. ومع ذلك هنالك استثناء مفاجئ نوعاً ما. يَكْبَحُ الكورتيزول جهازَ المناعة. يدافع جهاز المناعة عن الجسم ضد الغزاة المؤذين كالباكتيريا. ويمنع بذلك الأمراض. من الصعب أن نرى الفائدة الناجحة عن كبح جهاز المناعة خلال التوتر. ولكن هذا ما يجري في الواقع. يسبب التوتر إطلاق الكورتيزول في الدم، الأمر الذي يكبح عملياً كل الخلايا المشتركة في جهاز المناعة، مما يؤدي إِلى قابلية الإصابة بالتهاب أَو مرض. كما وُجِدَ أن المصابين بالتوتر سرعان ما يتأثرون بالرشح والإنفلونزا. أما ڤيروسات إبستين ـ بار وهيربيس التي

تُكْبَحُ بصورة طبيعية من قِبل الجهاز المناعي والتي تبقى كامنة في الجسم، فإنها تصبح نشيطة خلال الفترات العصيبة كالامتحانات أَو مشاكل الزواج. ويساعد التوتر المزمن على ظهور سلسلة كاملة من الأمراض كارتفاع الضغط الشرياني والأمراض القلبية وقرحة المعدة والأنبوب الهضمي وداء الربو.

إذا كان كبح الكورتيزول لجهاز المناعة مؤذياً للجسم، فلماذا يحدث يا ترى؟ ويبدو أن الجواب كما يلي: إن جهاز المناعة نفسه غير المقيَّد يمكن أن يكون أكثر ضرراً للجسم. فعندما ينشط جهاز المناعة فإنه يتسلح بأسلحة قوية للغاية مميتة ليس فقط للكائنات الممرضة التي تتوجه إليها الأسلحة، ولكن أيضاً للخلايا الخاصة بالجسم والتي تقع وسط النيران المتقاطعة. وتظهر هذه المسألة في الأمراض الالتهابية، كالتهاب المفاصل والقرحة وداء الربو. ويسبِّب جهاز المناعة الزائد النشاط بعض الالتهابات. وإذا لم تكافح هذه الالتهابات فإنها تسبِّب أذى للأنسجة. ويصف الأطباء الكورتيكوستيرويدات، مثل الكورتيزول، لمكافحة الالتهاب المستمر، لأن الالتهاب المزمن يمكن أن يسبِّب أضراراً للجسم. وقد يقتل جهاز المناعة الخارج عن السيطرة المريضَ، كما يحدث في مجموعة أعراض الصدمة المسبِّبة للعفن والصدمة المسبِّبة للتسمّم.

يمكن للعقل والدماغ أن يتحدثا إلى جهاز المناعة، وبذلك يؤثِّران على المرض من خلال تنبيه الهايبوتلامس واستجابة التوتر: ولكن يستطيع جهاز المناعة في حالة المرض أن يتحدث كذلك إلى

الدماغ ويؤثِّر على مستوى طاقتنا. وعندما تنشط خلايا المناعة (وخصوصاً خلايا الدم البيضاء) بسبب التهاب فإنها تطلق هرمونات اسمها يعني «بين خلايا الدم البيضاء». وتؤثر الهرمونات على الهايبوتلامس لِيُحْدِث ما يسمى «سلوك مرض» الذي يشتمل على الكسل والنعاس الزائد والتجنّب الحذر وحدّة الطبع وفقدان الشهية وفقدان الاهتمام في المسائل الخارجية. وهذا جانب من السبب الذي من أجله نفتقر إلى الطاقة عندما نكون مرضى. وقد يفيد هذا السلوك الإِنسان المريض أَو الحيوان المريض، وذلك بإرغامهما على التراجع عن نشاطهما وعلى النوم حتى تتحسن صحة كل منهما. ولكن بالنسبة للمرضى المصابين بعلل مزمنة، فإن نقص الطاقة بحد ذاته يمكن أن يكون مرضاً من الأمراض الأكثر تثبيطاً للعزيمة.

أحدثت التفاعلات المتعددة بين المزاج والمرض أَو بين العقل وجهاز المناعة علماً جديداً كاملاً يدعى «المناعة النفسية». ويعمل التفاعل باتجاهين: يمكن للمرض أن يؤثر على المزاج، ويمكن للمزاج أن يؤثر على المرض. وفي دراسة حول تأثير المزاج على جهاز المناعة، جَمَعَ الباحثون في جامعة الولاية في نيويورك لعابَ طلاب الطب خلال فترة ثمانية أسابيع، وذلك لقياس نشاط جهازهم المناعي. وبمقارنة استجابة المناعة مع المزاج كل يوم، وجد الباحثون أن استجابة المناعة كانت منخفضة في الأيام التي يكون فيها المزاج في حالة سلبية قوية. كما وجدوا أن العكس صحيح كذلك. فقد كانت الاستجابة أعلى في أيام المزاج الإيجابي القوي. وبما أن

استجابة المناعة تحدد درجة مقاومتنا تجاه الالتهاب والمرض، فقد بدا من المحتمل أن الطلاب الذين في حالة مزاج سلبي كانوا أكثر عرضة للمرض. كما أظهرت عدة دراسات أن المزاج السلبي يمكن أن يُحْدِثَ قابلية تجاه الالتهاب والمرض. وقد أبرزت التفاعلات بين المزاج والطاقة والمرض جانباً من العلم من أكثر الجوانب سحراً وصعوبة، لأن ذلك يبين الحواجز صعبة الفهم الموجودة بين الجسم والدماغ والعقل. ولا يزال علم المناعة النفسية صغيراً ولا يزال الكثير من نتائج أبحاثه غير نهائية، ولكن من أجل خاطر الكثير الكثير من الذين يعانون من أمراض متعلقة بالمزاج والطاقة، فإننا نأمل أن ينضج هذا العلم سريعاً.

الطاقة الإبداعية والمسّ

من أين تأتي القدرة على العمل الخلاَّق؟ لماذا تظهر الأفكار العظيمة والفنون العظيمة والأفعال العظيمة عندما تظهر كأنها آتية من لا مكان؟ ما الذي يميز الشخص المبدع عن الشخص الكسول والشخص العادي عن الخبير؟ إننا نحتاج بعض الإبداع في حياتنا وعملنا، نحتاج شيئاً يُبْعِدُنا عن كل ما هو عادي. ولكن ماذا نستطيع أن نفعل عندما تتخلّى عنا الطاقة الإبداعية؟ كان الإغريق يعتقدون أن الإلهام هبة إلهية تُنْفَخُ في الإِنسان المخلوق: وترتبط جذور كلمة إلهام بكلمة نفخ أَو تنفس. وغالباً ما كان يوصف الإبداع بأنه جنون موهوب. وقد بين بحث معاصر أن كبار الفنانين والموسيقيين والروائيين وحتى السياسيين يمكن أن يعانوا فعلاً من نوع معين من الجنون. ويلقي هذا الأمرُ ضوءاً

ساحراً على العلاقة بين الإبداع والطاقة داخل الدماغ. إن العبقرية والجنون غالباً ما يرتبطان في الخيال الشعبي بعبارة «عبقرية مجنونة»، وكَتَبَ إدغار آلان بو Edgar Allan Poe ما يلي:

> «لقد وصفني الناس بكلمة مجنون، ولكن المسألة غير مبتوت فيها بعد، فيما إذا كان الجنون أسمى درجات الذكاء أم لا ـ فيما إذا كانت وفرة الأشياء هي الشيء الرائع ـ فيما إذا كان كل شيء يصعب فهمه ـ أمور لا تنبثق من اعتلال الفكر ـ وإنما من مزاج العقل الذي يقوى على حساب الذكاء العام».

قد يظن الناس وإدغار آلان بو أن المسألة هي هكذا، ولكن هل نستطيع أن نجد حلقة متينة بين الإبداع والجنون؟ خلافاً للتوقعات، ليس هنالك علاقة بين الفنانين والمرض العقلي العام. وإنما هنالك حلقة محددة قوية بين الفنانين والاكتئاب الممسوس والاكتئاب العام. وهنالك أيضاً خطر انتحار متزايد. إن الاكتئاب العام هي الصيغة السريرية الرئيسية. وكل واحد منا مصاب بشكل من الاكتئاب. ولكن يتميز الاكتئاب العام عن الكآبة العادية باستمراره على الأقل لمدة أسبوعين أَو أربعة أسابيع كما أنه عميق بصورة كافية بحيث يتدخل بالوظائف اليومية للشخص. إن الاكتئاب اضطراب عام: يعاني خمسة في المئة من الناس من الاكتئاب العام خلال حياتهم. هنالك حالة معتدلة من المسّ لها أعراض معاكسة تماماً للاكتئاب: معنويات مرتفعة وثقة وتقدير للذات، وطاقة وإنتاجية زائدة ونوم أقل، وتفكير وكلام أسرع. ولكن في حالة المسّ المرهَق، نجد هذه الأَعراض متضخمة وتؤدي إِلى سرعة غضب زائدة وجنون الاضطهاد وثقة

مفرطة وسرعة اهتياج وسلوك منفِّر ـ وفي بعض الحالات ـ إثارة وأوهام وهلوسة. إن الاكتئاب الممسوس اضطراب مزاجي واضح المعالم ويشتمل على أطوار متناوبة من الاكتئاب والمسّ. ويعاني واحد في المئة تقريباً من السكان من اكتئاب ممسوس، بينما يعاني ثلاثة في المئة من شكل ألطف يُعرف باسم المزاج الدوري.

إن شيئاً لا يبدو جذاباً إذا كنت تفكر بمهنة ذات حياة خلاقة. ربما كانت والدتك على صواب، على كل حال، عندما نصحتك أن تمتهن المحاسبة. ولكن هل تسبب الحياة الفنية اضطراباً للمزاج كالاكتئاب مثلاً؛ على العكس تماماً، هل يسبب اضطراب المزاج إبداعاً؟ السؤال ليس سهلاً كي نجد له جواباً. ولكن على الأقل في حالة الاكتئاب الممسوس، لدينا بعض المؤشرات. لقد أظهرت دراسة توأمين متماثلين أنه إذا أصاب أَحدَ التوأمين مرضُ الاكتئاب الممسوس فقد يُصابُ التوأمُ الآخر بالمرض بنسبة ستين إلى مئة في المئة. إن الاكتئاب الممسوس اضطراب وراثي بصورة عامة ورثناه من الوالدين، وبالرغم من أنه ليس هنالك مكون وراثي، فهذا يوحي أن ظهوره لا ينبثق عن الذي يكابد المرض سواء كان مُبدعاً أم غير مبدع. للكثير من الكتّاب والفنانين بيان لماضي أسرهم الطبي عن اضطرابات المزاج. فإذا أخذنا الفريد تينيسون Alfred Tennyson كمثال نكتشف أنه كان يعاني ليس فقط من الاكتئاب والمسّ المعتدل، ولكن تبين كذلك أن مرضاً اكتئابياً ظهر كذلك في بيان الماضي الطبي لأسرته. فقد عانى والده وأربعة من أقربائه كذلك من الاكتئاب أَو

الاكتئاب الممسوس. وكان له أخ حبيس مأوى الأمراض العقلية لمدة ستين سنة. وكان يشكو من السوداوية بصورة حادة. وأخيراً مات من الإرهاق الممسوس. وهكذا نجد أنّه إذا كان هنالك علاقة بين الاكتئاب الممسوس والإبداع، فإن الاكتئاب الممسوس، كما يبدو، لا بد أنّه، بطريقة ما، يساعد على الحياة الإبداعية. ويدعم هذا الاحتمال دراسة قامت بها روث ريتشاردز Roth Richards وزملاؤها في جامعة هارفارد الذين حاولوا أن يقيموا إبداع مرضى الاكتئاب الممسوس. فقدمت لهم مجموعة من المهام الإبداعية التي قُدِّرَتْ على أساس أصالة التفكير. ووجدت أن أولئك الذين كانوا يعانون من اكتئاب ممسوس معتدل أَو خطير أظهروا مستوى أصالة وإبداع أعلى من أولئك الذين لم يكن لديهم اضطرابات نفسية أَو عقلية في ماضيهم المرضي.

ولكن كيف يمكن لاضطراب المزاج أن يساعد على الإبداع؟ يبدو الأمر بعيد الاحتمال أن يساعد الاكتئاب على الإبداع، لأن الاكتئاب العام يتميز بفتور الشعور واللامبالاة واليأس واضطراب في النوم وحركات بدنية بطيئة، وتركيز ضعيف وعدم وجود متعة في الأحداث السارّة حقاً. ومن جهة أُخرى، وخلال فترات المسّ والمسّ المعتدل تكون الأعراض من نواحٍ مختلفة معاكسة لأعراض الاكتئاب. فترتفع المعنويات ويزداد تقدير الذات وينام الذين يعانون من المرض حدة أقل ويتمتعون بطاقة أكبر وتزداد قدرتهم على الإنتاج. وتزداد سرعة التفكير وأصالته ويظهر لنا مرضى المسّ

المعتدل البسيط أنّهم أذكياء وجذّابون. كما أنّهم يُظْهِرون ثقة ذاتية كبيرة، وطاقة بلا حدود، وقدرة على إنجاز مقادير كبيرة من العمل ببهجة وبسهولة، وغالباً ما تكون نتائج أعمالهم جيدة. وهنالك من يقول إن معظم الأفراد الأكثر إنتاجاً كانوا في بعض الأوقات يعانون من المسّ المعتدل. وعلى سبيل المثال، تشرتشل Churchill ولنكولن Lincoln وروزفلت Roosevelt وفرانكلين Franklin. ويمكن للمسّ المعتدل أن يكون مبدعاً ومثمراً، ولكن غالباً ما يصبح الممسوسون مصابين بالشك والارتياب الشديدين في الآخرين إضافة لسرعة الغضب. وتنتقل أفكارهم من موضوع إلى موضوع آخر بسرعة وسلاسة أكثر من اللازم. وغالباً ما يكون كلامهم سريعاً وسريع الاهتياج وتطفلياً. ويؤمن الممسوسون إيماناً راسخاً بصحة وأهمية وجهات نظرهم وأفكارهم. وتؤدي هذه المبالغة الحمقاء إلى اتخاذ قرارات ضعيفة وسلوك منفّر، يشتمل على تهور مفرط وضار واتصالات جنسية غير شرعية وإسراف في الشراب. وقد تسهم هذه الأعراض في العملية الإبداعية. ويقول كاي جاميسون Kay Jamison، إن العملية الإبداعية قد تَفيد من القدرة على اختبار عمق وتنوع العواطف التي يصعب فهمها.

«ليس الاكتئاب بمعنى من المعاني إلاّ مشاهدة العالم من خلال زجاج مظلم. أما المسّ فمشاهدة العالم من خلال منظار المشكال «برّاقاً ومختلف الألوان ولكنه مشعور». قد يساعد التباين الواضح والتغيرات المؤذية للدورة الواقعة بين الحالتين أن يضع حداً للفكرة

الراسخة والمستمرة عن العالم، ويخلق وجهة نظر مليئة بالغموض الضروري للفن والفنانين.

إن المنشأ الجزيئي للاكتئاب الممسوس لا يزال مجهولاً. مع العلم أنه يتوفر علاج فعَّال يتألف من الليثيوم، العنصر الفلزي فضي البياض. ولكن أَعراض المسّ المعتدل مشابهة للأَعراض التي تحدثها المنبهات مثل الكوكائين والأمفيتامين، وهذا يشير إِلى أن العملية الأساسية تقوم على تنبيه جهاز النورأدرينالين في الدماغ.

للكثير منا في حياتنا الشخصية والمهنية حالات من النشاط نقود فيها حياتنا بسرعة أعظم. وفجأة تظهر أمامنا مملكة جديدة من الحياة. ويعمل عقلك بسرعة، فتنهض قبل فوضى الحياة اليومية. وفجأة يمتد أمامك كل شيء بوضوح صافٍ للغاية. ولكن هذه اللحظات قصيرة وأقل مما ينبغي. وتعود إِلى الفوضى ثانية وتتوق إِلى هذه اللحظات القصيرة من الوضوح. ويبدو أن هنالك مملكتين متوازيتين في الحياة: واحدة على الأرض في حياتنا العادية نكون فيها منهمكين في شؤوننا الذاتية، وأُخرى فوقنا وتكون بالغة الارتفاع في الطبقة الجوية العليا التي تنتمي إِلى كلِّي القدرة والسلطة العليا والعالِم بكل شيء. وكان اليونان القدماء يعتقدون بوجود مستويين في الهواء. الهواء العادي الذي يستنشقه الإِنسان المخلوق والهواء الأُلمبي الإغريقي لمثوى الآلهة الذي يتنفسه فقط الآلهة أَو الذين يلمسهم فقط الكهنة ولا يُعطىٰ لِرئات مخلوقات غير سماوية. وهذه النظرية لم تَشْرَح فقط على نحو بارع لماذا يحدث الدوار عند الأماكن المرتفعة، ولكنها شرحت كذلك

أن قوة الإلهام السماوية غيرت آراء وطموحات الوسطاء الروحيين والعرَّافين. وأطلعتهم على مملكة العقل والروح أكثر من استجابة توتر زائد للبالغين والذي يمكن أن يسبِّب إثارة. وما هو واضح كذلك أن العباقرة المبدعين غالباً ما يعملون بجهد كبير وأعمالهم كثيرة. أبدع بيكاسو Picasso 20000 عمل فني. وكان لإديسون Edison 1093 براءة اختراع. وكان لفرويد Freud 330 من المنشورات. ووجد دين كيث سايمونتون Dean Keith Simonton، عالمٌ نفسيٌ آخر، أن معظم المبدعين الناجحين في الثقافة الغربية، كانوا من أكثر الناس تخلّفاً عن القيام بما هو واجب أَو مطلوب. وهذا أمر مناقض للعقل ويمكن أن يكون صحيحاً أحياناً. ومما يجعلهم مختلفين عن غيرهم أنّهم غزيروا الإنتاج ويرفضون أن تُنَفّرهم أخطاؤهم.

إذاً، لماذا هنالك أناس مبدعون غزيروا الإنتاج ونشيطون أكثر من غيرهم؟ لماذا يتمكن أناس من تحقيق الكثير في عملهم وفي حياتهم الإبداعية والعاطفية أكثر من غيرهم؟ لماذا يبدو لنا بعض الناس أنّهم غير قادرين على إنتاج أَو فعل أي شيء في حياتهم؟ ومن الواضح أن جزءاً من الجواب هو المهارة: يُتاحُ لبعض الناس إحراز بعض المهارات ويتمتع آخرون بقدرة فطرية. لا يمكنك أن تكون لاعب كرة قدم رفيع المستوى أَو موسيقياً غزير الإنتاج أَو روائياً أَو سياسياً أَو عالماً بدون إحراز مهارة أَو بدون مهارة فطرية. إلاَّ أن المهارات غير كافية. إننا نحتاج كذلك إلى دافع أَو طاقة لإحراز تلك المهارات أولاً ثم استخدامها مراراً وتكراراً. وكما رأينا هنالك دوافع أساسية،

كالدَّافع للطعام والدافع للجنس. كما أن هنالك بعض الدوافع المكتسبة، كالدافع للحصول على المال أو المركز أو إطراء أو استحسان الزملاء أَو المجتمع. وَتُحْدِثُ هذه الدوافع توتراً يشعر به المرء قوة دافعة أَو قلقاً حسب الدافع وقدرة الفرد لتحقيق الدافع. وبدون هذه الدوافع، والتوتر والسرور اللذين يرافقان الدوافع، لا يكون لدينا أي مُحَرِّض يدفعنا لفعل أي أمر. ويستجيب أناس مختلفون للتوتر على نحو مختلف. يسعى بعض الناس وراء الضغط النفسي كي يحصلوا على المتعة التي تنشأ عن تحقيق هدف الدافع. قد يسعون مثلاً وراء التوتر الجنسي وبعد ذلك يأتي البديل الذي يحل محل التوتر وهو النشاط الجنسي. بينما يتجنّب آخرون التوتر لأنه يسبِّب قلقاً لا يُحتمل. ويعاني بعضنا من شيء من القلق عند التعرف على أناس جدد في ظروف لا يمكن السيطرة عليها أَو التنبؤ بها. ولكن يعاني الكثير من الناس من مستويات لا تحتمل في مثل هذه الظروف ويتجنّبون مثل هذه الأحداث بصورة حثيثة، أما السبب الذي من أجله يشعر شخص ما بهذا التوتر كقلق، وليس كقوة دافعة، فهو افتقارهم إلى المهارات (الفطرية أَو المكتسبة) لتحقيق هذا الدافع. لو أن شخصاً مثلاً يعاني من توتر جنسي ولا يعرف كيف يشترك بنجاح في نشاط جنسي، عندئذ يُصاب بقلق بسبب عجزه التَّفْريج عن هذا التوتر أَو السيطرة عليه. وإن شخصاً في موقف اجتماعي بدون مهارات اجتماعية ناجحة، من المحتمل أن يصبح قلقاً أَو يغادر المكان. ومع ذلك، وبغضّ النظر عن التمتع ببعض المهارات، يبدو أن بعض الناس يفضلون أَو يحتاجون مستوى عالٍ من التوتر، بينما

يفضل آخرون أَو يحتاجون مستوى منخفضاً. ووصف علماء النفس والأطباء على نحو جديد الشخصية من نوع A كشخصٍ طموحٍ مُنْدَفِعٍ ينشد الخطر، وفي النهاية يعاني من اضطرابات متعلقة بالضغط النفسي وناشئةٍ من حِمْلٍ زائد من الأدرينالين. وتكون هذه الشخصيات عموماً من أكثر الناس نشاطاً وأكثرهم إنجازاً للأعمال. بينما لا يُنْجِزُ الكثيرَ أولئك الذين يتجنّبون التوتر، أَو الذين يَتَّصفون بمستويات من التوتر منخفضة فِطْرياً. ومما لا شك فيه أن ما يُنْظَرُ إليه كإنجاز رفيع المستوى أَو نشيط يتعلق بك أَو بوجهة نظر المجتمع. فقد تظن أن ممارسة الجنس مع كثير من الناس إنجاز كبير، ولكن قد يعتقد المجتمع عكس ذلك.

ولكن هل يُولَدُ الناسُ النشيطون أم يُصْنَعون؟ تُظهِرُ البيانات المتراكمة باستمرار أن البنية الوراثية هي التي تحدد الشخصية والطاقة. وقد بَيَّنَ جيروم كاغان Jerome Kagan أن المزاج المكبوت المتعلق بالخجل والقلق والانطوائية موجود منذ الولادة وربما يحدد شكله من قبل فزيولوجيا الدماغ. لقد بحث مارڤن زاكارمان Marvin Zuckerman في المزاج من النوع المضاد لدى الراشدين، الساعين وراء الاهتياج، الباحثين عن الإثارة والخبرات الجديدة الذين لا ينهاهم شيء ولهم بداية سأم منخفضة. فوجد أن هذا المزاج موروث، كما يبدو، ووثيق الصلة بظهور مستويات منخفضة من أنزيم (أوكسيديس أحادي الأمين) يُحلِّلُ النورأدرينالين والمرسلات العصبية الأُخرى في الدماغ. إن اضطرابات مزاج القلق أَو الاكتئاب المتعلقة بطاقة عقلية عالية أَو

منخفضة، وأنشطة عالية ومنخفضة بجهاز الإثارة في الدماغ، تبدو أنّها موروثة كذلك. ومن المحتمل أن يعاني التوأمان المتماثلان من درجة متشابهة من الاكتئاب أَو القلق العام بنسبة خمسة أضعاف التوأمين غير المتماثلين. وهكذا نجد أن هنالك مكوناً وراثياً رئيسياً للاكتئاب والقلق. إِلاَّ أن العوامل غير الوراثية تقوم بدور كذلك.

ولكن ما هي هذه العوامل غير الوراثية؟ وسواء عانينا من التوتر كطاقة أَو قلق فإن الاستجابة اكتسبناها من خبرات سابقة. وإذا كانت المواقف المتوترة أدّت إِلى الفشل والقلق في الماضي عندئذ نتعلم أن نربط الموقف أَو التوتر بالقلق. ولكن إذا شَجَّع آخرون محاولاتنا خلال التقدم الاجتماعي والجنسي والفكري ولم يرفضها أحد، عندئذ يُفَرَّغُ التوتر كمتعة وسوف نربط التوتر بالطاقة وليس بالقلق. إنه ربط فعّال وكلاسيكي والمبدأ الأساسي للنظرية التربوية. وصلة هذه المسألة بالطاقة تبين أن الناس النشيطين يقومون بأفعال أكثر من غيرهم لأنهم، على نحو ما، أحرزوا تقوية من قيامهم بتلك الأفعال في الماضي، ولذلك يربطونها بالمتعة وليس بالقلق. بينما لا يقوم أناسٌ طاقاتهم منخفضة بالكثير من الأفعال لأن التقوية السلبية، على نحو ما، جعلتهم يربطون فعل الأشياء بالقلق وليس بالمتعة.

إذاً من الواضح أنه يمكن للناس الذين حولنا، والمجتمع عموماً، أن يكون لهم أثر طويل الأمد على مستوى طاقتنا حسب الدوافع التي بُنِيَتْ داخلنا أو لا، وإذا كان هنالك من يرعى ويقوِّي هذه الدوافع.

إن صداقاتنا وزيجاتنا وأعمالنا وأنشطتنا الأُخرى تُضْعِفُ طاقتنا عندما تفشل بتقديم تقوية إيجابية. يُعطي بعضُ الناس طاقةً والبعض يسلبها. ينبغي عليك أن تكون قريباً من أولئك الذين يقدمون تقوية إيجابية لأنهم يقدمون لك الطاقة. بينما عليك أن تتجنّب أولئك الذين يقدمون تقوية سلبية لأنهم يسلبونها. ويستطيع مجتمع أَو ثقافة عموماً أن يقدما الطاقة لأعضائهما وذلك بتحقيق كل الدوافع (من أجل الطعام والجنس والإثارة والمركز)، أَو غرس الدوافع في النفس بالتدريج التي يمكن أن تُقَوّى بصورة إيجابية. ولذلك ينبغي على المجتمع الرأسمالي الذي يَغْرُسُ دافعاً من أجل المال في مواطنيه أن يقدم الوسيلة لتحقيق ذلك الدافع لجميع المواطنين، وإِلاَّ سيؤدي الدافع قبل كل شيء إِلى انتشار الإحباط والقلق.

إذا وصفنا مجتمعاً أَو ثقافة أنه يتمتع بالطاقة أَو يفتقر إليها فهذا قول مشكوك فيه. لقد وَصَفَ بَعْضُ الدخلاء الأقطارَ الجنوبيةَ والاستوائيةَ كأقطارٍ سكانها كسالى وثقافتهم ليس لها مستقبل محدد، يلتفتون لمتع الحاضر ولا يلتفتون للعمل والإنجازات. بينما وُصِفَ المنتمون للثقافات الشمالية (من قبل الشماليين طبعاً) بأنهم يتمتعون بالدافع والطاقة بسبب الطقس البارد أَو أخلاق العمل البروتيستانتي. ويبدو من الواضح أن الاختلافات في الإنجازات بين الجنوب والشمال وبين الأقطار عموماً تنشأ عن الاقتصاد والتكنولوجيا والتربية والتاريخ. وقد أشار مؤرخوا الاقتصاد كذلك إِلى الدور الهام الذي

يمكن أن تقوم به ثقافة قطر من أجل تقديم الأهداف والدوافع والمكافأة والمساعدة والتشجيع إِلى المواطن. بينما قد تَكْبَحُ ثقافاتٌ أُخرى الطاقة الخاصة بها، وذلك بتقصيرها في تقديم المكافأة أَو إعاقة المشاريع بصورة حثيثة وتعطيل الإبداع وحرية إبداء الرأي.

الفصل 14

كيف تحصل على المزيد من الطاقة

يبدو أن العالم بأجمعه يخبرنا بصوت مرتفع كيف نحصل على مزيد من الطاقة. نادراً ما تلتقطُ مجلةً اليوم دون أن ترى مقالةً إضافيةً تحتل ثماني صفحات تعطيك إرشادات عن كيفية إعادة تزويد حياتك بالطاقة: «كيف تصبح مفعماً بالحيوية بعد عشر خطوات سهلة». هنالك فيضٌ من الكتب تساعدك على ذلك وذات عناوين مشجعة: مثلاً «سبب حيويتك أَو إعيائك أَو تعبك في كل الأوقات». إذا دخلت إِلى القسم الصحي من متجر كبير تجده مليئاً بمنتجات مختلفة في عبوات ذات ليترين سهلة الاستعمال تَعِدُكَ بحيوية دائمة ودافع جنسي قوي وحياة أطول. ويستطيع مدربك الشخصي في ملعبك المحلي أَو في مزرعة استجمام أن يعطيك جلسة نصائح مجانية عن مشاكل طاقة جسمك، تماماً كما يحدثك مدير مصرفك عن تدفق أموالك. ربما عليك أن تجرب العلاج بنبات عطري الرائحة أَو التدليك أَو تاي تشي

أَو اليوغا أَو رياضة التأمل أَو التمارين البدنية أَو الطاقة البيولوجية أَو رياضة الجمباز. هل جربت أحدث الأعشاب أَو حبوب الحيوية؟ هل قمت بفنج ـ شوي Feng - Shui كما ينبغي؟ قد يتعلّق الأمر بتنفّسك. تستطيع كذلك أن تذهب إلى حانة فيها أوكسجين حيث تستطيع أن تستنشق الأوكسجين الصافي أثناء تناولك كأساً من الشراب.

إن الكثير من الجهد والسعي وراء الطاقة يُهْدَرُ أَو يُوجَّه توجيهاً خاطئاً. ولكن الهدف من ذلك له أهميته. هنالك الكثير من الدلائل تقول إن مقدار شعورنا بالطاقة عبارة عن عامل رئيسي يشير إلى مقدار سعادتنا وصحتنا وغزارة إنتاجنا وإبداعنا. وقد يكون من الأكثر أهمية من أجل سعادتنا الشاملة أن نلتمس العوامل التي تدعم أَو تستنزف شعورنا بالطاقة، من مراقبة جرعة الحريرات أَو حساباتنا المصرفية. إن الطاقة جانب أساسي في حياتنا. وعندما نفتقر للطاقة يتقلص عالمنا إلى عدد صغير من المهام الضرورية وعدد قليل من الناس والأماكن. وعندما نتمتع بطاقة غزيرة تُفْتَحُ أبواب العالم أمامنا، ويصبح رحباً بينما نضطلع بمهام صعبة ونقابل أناساً جدداً ونزور أماكن غريبة. ولذلك ليس هنالك ما يدعو للدهشة أن نستهلك، كما يبدو، طاقة كبيرة من أجل البحث عن الطاقة. ولكن ما يدعو للدهشة نوعاً ما، أننا قليلاً ما نلتفت إلى مستوى طاقتنا والعوامل الكثيرة التي تستنزفها.

ولكن كيف لنا أن نحصل على مزيد من الطاقة؟ حسناً، يقوم القرار الأول على ما إذا كنا بحاجة إلى إمدادات طاقة قصيرة أم طويلة الأمد. بعد ذلك علينا أن نفكر فيما إذا كنا نبحث عن طاقة

من أجل الجسم أَو العقل. وأخيراً، نستطيع أن نختار فيما إذا كان من الأفضل دعم إمدادات طاقتنا أم سدّ مواضع التسرّب أَو الارتشاح. دعنا نبدأ بمسألة بسيطة نسبياً وهي دعم طاقة جسمنا بإمدادات قصيرة الأمد.

في مدة قصيرة نعرف جميعاً كيف ننظم مستوى طاقتنا. فإذا عانينا من نقص خلال النهار، نتناول وجبة رئيسية أَو وجبة خفيفة أَو قطعة من الحلوى أَو نشرب قهوة أَو شاياً، أَو مشروباً آخر يحتوي على الكافائيين، أَو ندخن سيجارة، أَو نفعل شيئاً يرفع مستوى الأدرينالين كالحديث مع شخص ما، أَو نأخذ حماماً ساخناً، أَو نأخذ عقّاراً، أَو نضع أنفسنا في موقف صعب أَو غير عادي. إننا نستخدم هذه الإجراءات خلال النهار لتنظيم طاقتنا على أحسن وجه. وتنجح معظم هذه الإجراءات بصورة جيدة من خلال دعم تشكيل طاقتنا. ولكنها تنجح لمدة قصيرة. فإذا استخدمت مراراً كل يوم ـ كما يفعل ذلك معظمنا ـ فإنها تؤدي إِلى استنزاف الطاقة على المدى الطويل، لأن الجسم يتكيف مع الحصول على المزيد من الطاقة، وذلك بتخفيض مستويات الطاقة أَو تخفيض تشكيل الطاقة الخاصة به. مثلاً، عند تناول وجبة خفيفة لدعم مستوى سكر الدم، يتكيف الجسم وذلك بإطلاق الهرمونات (الإنسولين بصورة رئيسية) ليعادل هذا التغيير، ويخفض مستوى السكر ثانية. ولكننا إذا تحدينا أجسامنا باستمرار بمقادير عالية من السكر، فإن تغيرات كثيرة تنشأ والتي يمكن أن تكون ذات إنتاج مضاد يؤدي إِلى أذى خطير، كداء السكر مثلاً.

مرة أُخرى، يتكيف الجسم بسرعة مع جرعات متكررة من الكافئين والنيكوتين وذلك بالمحافظة على مستوى طاقة منخفض في حال غيابهما. ويؤدي اعتماد طويل الأمد على درجات عالية من الأدرينالين إِلى تغيرات كثيرة في الجسم تسبِّب اعتماداً على جرعات أعلى وأعلى للوصول إِلى مستوى الطاقة الطبيعي. وإن اعتماداً طويل الأمد على درجات عالية من الأدرينالين يؤدي إِلى تغيرات متعددة في الجسم، الأمر الذي يُفضي إِلى آثار استنزاف الطاقة الخاصة بالضغط النفسي طويل الأمد. وهكذا نجد أن الرسالة واضحة وهي أنه بينما تنجح كل هذه الأساليب لدعم الطاقة، إضافة إِلى أنّها يمكن أن تكون مفيدة، إذا استخدمت مراراً كوسيلة يومية للمحافظة على الطاقة، فإن النتيجة على المدى الطويل ستكون الإعياء.

من أكثر الأسباب الشائعة المَرَضية البدنية والعقلية لاستنزاف الطاقة الغذاء ضئيل القيمة أَو الافتقار للنوم أَو العمل المرهق. وتَسْتَهلِكُ هذه العوامل الطاقةَ باستمرار وينبغي إيقافها إذا كان هنالك حاجة لتراكم الطاقة. ولسوء الحظ، إن الإعياء عَرَضٌ شائع لأنواع كثيرة من الأمراض والأحوال. ولذلك من المستحيل تشخيص مشكلة باستخدام هذا العَرَض فقط. ومع ذلك، يُمكن لطبيبك أَو الكتب المتنوعة أن تكون عوناً لك. إن أكثر الأسباب المرضية للإعياء: مرض معدٍ سابق أَو مستمر، أَو أمراض القلب أَو الدم أَو الرئة أَو الكبد أَو العضلات أَو الأمعاء أَو الكبد. السرطان أَو التهاب المفاصل أَو الأمراض الالتهابية أَو مشكلة هرمونية كمرض الغدة الدرقية أَو داء

السكر. نقص التغذية وخاصة نقص الحديد أَو الڤيتامين ب. وغالباً ما نجد فقر الدم المعتدل أَو نقص الحديد لدى النساء في فترة الحمل. ومن أكثر الأسباب الشائعة للإعياء العمل المرهق والضغط النفسي والاكتئاب والافتقار للنوم.

للإعياء المزمن أسباب متنوعة. في سنة 1980 قال جون موريسون John Morrison، بعد أن درس مئة وستة وسبعين مريضاً مصابين بالإعياء، أن أربعين في المئة كانوا يعانون من مشاكل جسدية فقط وأن أربعين في المئة كانوا يعانون من مشاكل نفسية فقط وأن عشرة في المئة كانوا يعانون من النوعين من المشاكل. كانت المشاكل الجسدية تشتمل على أمراض ڤيروسية معدية حديثة إضافة إِلى أَمراض القلب والرئة والغدة الدرقية والكبد والتهاب المفاصل ونقص التغذية. كما توصلت دراسات أُخرى إِلى النتائج نفسها مع الإشارة إِلى أنواع كثيرة من المشاكل الجسدية والنفسية التي تختلف باختلاف الناس. لقد وجد الدكتور ويسيلي Wessely والدكتور باويل Powell من معهد المعالجة النفسية في لندن أن سبعين في المئة من عينة المرضى المصابين بالإعياء بصورة مزمنة كانوا يعانون من أَمراض الاكتئاب أَو القلق. وأظهرت دراسة أُخرى أن أربعين في المئة من المرضى المصابين بإعياء مزمن يمكن أن يُشَخَّصوا كحالات مَرَضِيَّة نفسية أَو عقلية. وتبينُ جميعُ أبحاثهما، على نحو متوقع، أنواعاً مختلفة من المشاكل الجسدية والعقلية يمكن أن تسبِّب إعياءً. ولكن إذا كنت

مصاباً بالإعياء دون ظهور أعراض واضحة أُخرى، فمن المستبعد أنك تعاني من مرض خطير ـ وإنما من نقص في الطاقة.

هنالك فكرة منطوية على تناقض لأول وهلة ولكنها صحيحة، وهي أن الطريقة الوحيدة لدعم الطاقة على المدى الطويل هي استخدام المزيد من الطاقة، وليس محاولة تناول المزيد منها. يتكيف الجسم على المدى الطويل مع زيادة استهلاك الطاقة، وذلك بزيادة طويلة الأمد لتشكيل الطاقة. فإذا كنت تقوم بالتمارين بانتظام على المدى القصير فإن التمارين تسبِّب لنا تعباً، ولكن جسمنا يتكيف على المدى الطويل فَيَزيدُ قدرة رئتنا وقدرة قلبنا وأوعيتنا الدموية وقدرة عضلاتنا والمايتوكندريا، ويُنْقِصُ تشكيل هرمونات الضغط النفسي. وتعني قدرة الطاقة الزائدة أننا أقل تعباً أَو توتراً نتيجة المهام العادية اليومية التي تتطلّب طاقة. وتجعلنا التمارين على المدى الطويل أكثر نشاطاً لأن قدرتنا تكون أكبر من أجل أداء مهام تطلب طاقة من جهة، ومن جهة أُخرى لأننا نشعر بأن جسمنا اللائق يختلف عن الجسم غير اللائق. وتجعلنا قدرة الطاقة الأعلى أكثر تفاؤلاً بالمستقبل وأقدر على التفكير أَو التعامل مع المواقف والأماكن الجديدة والناس الجُدد، إضافة لذلك، تجعلنا التمارين أكثر عافية جسمياً وعقلياً وذلك بمقاومة الأَمراض القلبية الوعائية والبدانة والاكتئاب والقلق. وإن برنامجاً مُنَظَّماً للتمارين البدنية من بين أكثر العلاجات فعَّالية للإعياء المزمن، بصرف النظر عن الاكتئاب والقلق. وبما أن المرض البدني والعقلي

يستنزفان الطاقة بصورة كبيرة، فإن ذلك يسهم أيضاً في آثار رفع الطاقة الخاصة بالتمارين.

ومع ذلك، تتطلب المحافظة على نظام تمارين طويل الأمد طاقة ودافعاً عقليين كبيرين. وفي هذه المسألة تكمن المشكلة. كيف لنا أن نحصل على طاقة عقلية عندما نفتقر إليها؟ كيف لنا أن نحصل على الدافع عندما لا يكون لدينا دافع يدفعنا؟ كيف نصل للنجوم إذا طمرنا أنفسنا في حفرة. ليس هنالك حلول بسيطة لنقص الطاقة أَو الدافع العقليين. ومع ذلك، تتشابه الحلول قصيرة الأمد لدعم الطاقة العقلية مع تلك الحلول الخاصة بالطاقة الجسدية التي ناقشناها سابقاً، وتشتمل على تناول وجبة من الطعام ووجبة خفيفة والتدخين ورفع مستويات الأدرينالين، وذلك في وضع أنفسنا في مواقف مثيرة أَو منبهة أَو مرعبة. وإن نزهة قصيرة بخطوات نشيطة تدعم الطاقة كذلك. كما تَبَيَّنَ أن الابتسام والضحك يرفعان المعنويات أيضاً. إذاً، الأمر بسيط نسبياً من أجل تخفيف هبوط الطاقة قصير المدى، ولكنه ليس بسيطاً على المدى الطويل.

ولكن كيف لنا أن نحصل على إمدادات من الطاقة العقلية طويلة الأمد؟ بصورة عامة، إننا نحتاج دافعاً. ومن أجل الحصول على الدافع، نحتاج أهدافاً. وإذا كان ينبغي أن تكون هذه الأهداف عملية، فيجب أن تكون ممكن تحقيقها ومنسجمة مع طبيعتنا. فإذا كانت الأهداف العَدْوَ في سباق الماراتون أَو تأليف كتاب أَو أن يصبح المرء نجم أوبرا فإنّها أهداف غير ملائمة إذا كنا لا نحب العَدْوَ أَو الكتابة أَو

الغناء. ينبغي أن تنسجم الأَهداف الخارجية التي نضعها مع الدوافع الداخلية والمورثات والحوافز ولا تتعارض معها.

تقودنا مجموعة من الحوافز (الكبرياء، الطموح، حب اكتساب المال) إِلى الجزرة، أي مكافأة أَو فائدة موعودة وهمية عادة. وتمثل مجموعة أُخرى (القلق، الهم، الشعور بالذنب) العصا، أَو التهديد الذي يدفعنا من الخلف. تشبه المجموعة الأولى من الحوافز الساحرات الثلاث في مسرحية «مكبث» اللواتي يدفعننا إِلى الأعمال الشريرة أَو البطولية مع أحلام عن مستقبل أعظم. وتشبه الشخصيات المحرِّضة الثلاث مخلوقات خرافية وتغذينا بمصدر مستمر من الطاقة العقلية وتغمر جسمنا بالأدرينالين ودماغنا بالنورأدرينالين عندما لا نحقِّق طموحاتنا أَو طموحات الآخرين. إنها توقظنا ليلة بعد ليلة، ويَخفُقُ قلبنا، لنقلق حول كتاب كتب نصفه وطموح تحقّق نصفه وحلم تحطم نصفه. ومن أين يمكن أن نحصل على الطاقة العقلية إِلاَّ من القلق والهم والشعور بالذنب وذلك لنحافظ على كبريائنا ونحقِّق طموحنا وحب اكتساب المال.

مما لا شك فيه، أن آثار القلق والهم والإثم ليست كلها حسنة. وللناس على اختلافهم حدود مختلفة يجدون القلق وراءها غير محتمل. قال بوذا؛ إن الرغبة ومقارنة ما نملك مع ما نريد سبب كل المعاناة البشرية. ومع ذلك يمكن أن نجيب أن الرغبة مصدر كل شيء كالحافز البشري والإنتاج والإبداع وإن حياة بدون رغبة وما ينشأ عنها من قلق وألم يمكن أن نراها كصورة شاحبة باهتة وغير ممتعة.

واختلف بوذا معنا في الرأي فقال إذا رأينا الأشياء وقبلناها كما هي وكما نحن عليه، عندئذ تختفي العوائق التي تقف أمام تمتعنا بالأشياء. يُفَضِّلُ كثيرٌ من الناس التمتع بالحاضر ونسيان الماضي والمستقبل. ولكن تصبح حاجتهم للطاقة نتيجة لذلك أقل بكثير لأنه ليس لديهم أي حافز «لفعل» أي شيء.

القلق الزائد والهم والإثم يَسْتهلك الطاقةَ العقليةَ بصورة شديدة، وذلك باحتلال كل حيزنا العقلي، الأمر الذي يؤدي إِلى إعياء عقلي. فإذا قلقنا باستمرار حول أمر ما، وإذا لم نكن قادرين أَو راغبين في فعل شيء من أجل ذلك، عندئذ ينتاب عقولَنا موضوعٌ واحد مع استبعاد المواضيع الأُخرى. بعدئذ تنشط أجسامنا وأدمغتنا باستمرار بالأدرينالين والنورأدرينالين، الأمر الذي سيؤدي حتماً إِلى الضغط النفسي والتعب الشديد. وعندما نكبر ونترك مرحلة الطفولة، تمتلئ عقولنا بالمزيد والمزيد من مواضيع الكبرياء والطموح وحب اكتساب المال والقلق والهم والشعور بالذنب. وإضافة إِلى كلام هذه المسائل غير المفهوم، يصبح الأمر صعباً جداً أن نفكر بأي شيء جديد أَو نرى العالم من جديد. إن هذه المواضيع القديمة هي الأعشاب الضارة بالنسبة للدماغ. فإذا لم تُقْتَلع، فإنّها سوف تخنق التطور العقلي. ينبغي أن نعتني بعقولنا كما يعتني البستاني ببستانه، فندرس سعتها بنزاهة وروية مرة بين الحين والآخر. ونقتلع الهموم والأفكار والمواضيع الضارة ونخصّص حيزاً وطاقة للأمور التي نريدها فعلاً.

عندئذ فقط، ستساوي طاقتنا العقلية التي نحتاجها تلك الطاقة المتيسرة لدينا.

إن ملائمة الطاقة المتيسرة لدينا مع الطاقة التي ينبغي أن نستهلكها تتطلب تقييماً مستمراً. إن الطاقة المتيسرة لدينا تتغير باستمرار مع تغيّر أوقات الأيام والفصول وتغير الصحّة والعمر و«العامل الحيوي» الذي لا يمكن التنبؤ به ـ علينا أن نلائم، بطريقة ما، إمدادات الطاقة مع استهلاكها. ويتوزع استهلاك الطاقة العقلية بين مشاريع العمل والبيت، الأصدقاء والأسرة، الطموح والهم والقلق. ونحتاج أحياناً أن نوسّع أَو نقلّص التزاماتنا لنجعل استهلاكنا ينسجم مع الإمدادات. وإذا كان استهلاكنا أكبر من الإمدادات فستكون النتيجة إعياءً مستمراً. وإذا كان الأمر عكس ذلك، فإننا سنصاب بالسأم أَو الإحباط.

قد تصدر الطاقة عن أناس آخرين. قد يكون الناس مصدراً للطاقة أَو مَصْرفاً لها. يبدو بعض الناس وكأنهم يطلقون الحماس والديناميكية والحيوية. وهكذا تبدو طاقتهم وكأنها مُغْذِية. ويتواصل بعض الناس ويتعاملون بطريقة إيجابية دافئة ودية مثيرة للانتباه. ولذلك تغادرهم وقد امتلأت بالقيمة والثقة. هؤلاء تصدر عنهم الطاقة. بينما يمتص آخرون الطاقة لأنهم سلبيون أَو انتقاديون أَو ساخرون أَو عدوانيون أَو مؤذيون أَو فقط متجاهلون للآخرين. وإن علاقة غير سعيدة أَو بيئة عمل معادية تسبِّب ضرراً نفسياً كبيراً وذلك بإضعاف أَو الحطّ من قيمة الثقة والحافز والتفاؤل. ينبغي أن نُحْسِن

اختيار علاقتنا مع الناس حتى لا يمتصوا طاقتنا، كما ينبغي أن يبقى لدينا طاقة كافية نشارك بها الآخرين عندما نختار أن نفعل ذلك. وأكثر علاج فعّال لمداواة الطاقة المنخفضة والاكتئاب والافتقار إِلى الحافز هو تبادل الأحاديث مع الآخرين أَو مشاركتهم في فعل شيء، وخصوصاً أولئك الذين نراهم متعاطفين وإيجابيين ومتفائلين.

لقد ثبت مراراً وتكراراً أن التفاؤل والثقة وتجنّب الأفكار السلبية هي المواقف الرئيسية الضرورية من أجل الحصول على الطاقة والنجاح والسعادة. وَيُوَلِّد هذا الأمر التغذية الاسترجاعية لأن هذه العواطف الإيجابية تدعم تفاؤلاً وثقة متزايدين. ومن جهة أُخرى، تُحْدِث المواقف المقابلة من التشاؤم والافتقار للثقة، والأفكار السلبية حلقة مؤذية من الطاقة المنخفضة والفشل والاكتئاب. ولكن هل نستطيع أن نتدخل لكسر هذه الحلقة المؤذية؟ يقول البحث النفسي واستخدام العلاج التجريبي أننا نستطيع أن نفعل ذلك. يمكن تعديل الطريقة التي نُحَدِّثُ بها أنفسنا وطريقة تعاملنا مع الآخرين. وإن أفكاراً سلبية مثل «إنني عديم الفائدة» أَو «لا أستطيع أن أفعل ذلك». أَو «أنا شخص فاشل». سبب وليست نتيجة التعاسة والطاقة المنخفضة. وبما أننا نحن الذين نصنعها فإنه يمكن تعديلها أَو استبدالها، وذلك بالمزيد من الأفكار الإيجابية مثل «أنا عظيم». أَو «أستطيع أن أفعل ذلك». أَو «أنا شخص ناجح». أما الاختيار فاختيارنا: نستطيع أن نركِّز على نقاط القوة والنجاح وأن لا نمعن النظر في نقاط ضعفنا أَو فشلنا، أَو على الأقل نستطيع أن نركّز على

النظرية المقبولة للعلاج التجريبي والتي نجحت في معالجة القلق والاكتئاب.

نستطيع كذلك أن نعدِّل نوعية علاقتنا مع الناس والمشاريع والمجتمع ونعطي أهمية قصوى للحصول على الطاقة ونخفض ضياعها إِلى الحد الأدنى. علينا أن نُقَدِّرَ بيئتنا وأنفسنا بلغة الطاقة والنجاح وما يستنزفهما. ابتدع الكاتب كارلوس كاستنيدا Carlos Castaneda أسطورة معاصرة أمريكية في الشخص المكسيكي/ الهندي الساحر، دون جوان Don Juan. كان هدف دون جوان زيادة مستواه من الطاقة الخاصة به. ومن أجل ذلك الغرض قَيَّمَ كل علاقاته مع المجتمع والناس ومع نفسه بلغة زيادة أَو نقصان مستويات طاقته. وحسب فيما إذا كان أي استهلاك للطاقة يستحق العناء المبذول في سبيله. ينبغي أن نفعل الشيء نفسه. لقد اعتدنا أن نقيم كل صفقة بلغة المال والقيمة. يقيم البعض مقدار الحريرات واستهلاكها بدقة وبصورة متساوية. علينا أن نبذل المقدار نفسه من الرعاية من أجل طاقة جسمنا وعقلنا، لأن ذلك على المدى البعيد أمر حيوي للغاية من أجل صحتنا وسعادتنا.

آمل أنني قد برهنت لك في هذا الكتاب على أهمية فكرة الطاقة بالنسبة لفهم حياة وموت جزيئاتنا وخلايانا وأجسامنا. وتتضافر الطاقة والمادة والمعلومات لتشكِّل الحياة ويسبِّب تفكّكها المحتم موتاً لا مفر منه. وإذا أردنا أن نبطئ التفكّك الخاص بنا علينا أن ننتبه أكثر إِلى الطاقة التي تَخْلُقُ وتُدَمِّرُ كلَّ شيء.

«العهدان القديم والجديد، أَو جميع القواعد المقدسة كانت أسباب الأخطاء التالية:

1. للإِنسان عنصران حقيقيان هما الجسم والروح.
2. الطاقة، وتدعى الشر، هي وحدها من الجسم. العقل، ويدعى الخير، هو وحده من الروح.
3. ليس للإِنسان جسم يتميز عن روحه. إن الجسم جزء من الروح تدركه الحواس الخمس، وهي المداخل الرئيسية للروح في هذا العصر.
2. الطاقة هي الحياة الوحيدة وهي من الجسم. والعقل هو الحدود أَو المحيط الخارجي للطاقة.
3. الطاقة متعة دائمة».

وليام بليك William Blake: زواج الفردوس والجحيم (1790).

المصادر

الفصل 1 : البدايات

Ackerknecht, E H *A Short History of Medicine* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1982)

Bastien, J W 'Qollahuaya-Andean Body Concepts: a Topographical-Hydraulic Model of Physiology' *American Anthropologist* 87, 595–610, 1985

Florkin, M *A History of Biochemistry* (Elsevier, Amsterdam, 1972)

Gregory, R L *Mind in Science* (Penguin, London, 1981)

Lloyd, G E R *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (W W Norton, New York, 1970)

Lloyd, G E R *Greek Science after Aristotle* (W W Norton, New York, 1973)

Mitchell, E *Your Body's Energy* (Mitchell Beazley, London, 1998)

Onians, R B *The Origins of European Thought* (Cambridge University Press, Cambridge, 1951)

Padel, R *In and Out of the Mind: Greek Images of the Tragic Self* (Princeton University Press, Princeton, 1992)

Page, M *Understanding the Power of Ch'i: An Introduction to Chinese Mysticism and Philosophy* (Thorsons, London, 1998)

Phillips, E D *Greek Medicine* (Thames & Hudson, London, 1973)

Porter, R *The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity from Antiquity to the Present* (HarperCollins, London, 1997)

Russell, B *A History of Western Philosophy* (George Allen & Unwin Ltd, Woking, 1946)

الفصل 2 : قصة الطاقة الحيّة

Ackerknecht, E H *A Short History of Medicine* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1982)

Caneva, K L *Robert Mayer and the Conservation of Energy* (Princeton University Press, Princeton, 1993)

Cobb, C and Goldwhite, H *Creations of Fire* (Plenum Press, New York, 1995)

Harman, P M *Energy, Force and Matter* (Cambridge University Press, 1982)

Donovan, A *Antoine Lavoisier: Science, Administration and Revolution* (Cambridge University Press, Cambridge, 1983)

Florkin, M *A History of Biochemistry* (Elsevier, Amsterdam, 1972)

Gregory, R L *Mind in Science* (Penguin Books, London, 1982)

Keilin, D *The History of Cell Respiration and Cytochrome* (Cambridge University Press, Cambridge, 1966)

Kuhn, T S *The Essential Tension* (The University of Chicago Press, Chicago, 1977)

Leicester, H M *The Historical Background of Chemistry* (John Wiley & Sons, 1956)

Lloyd, G E R *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (W W Norton, New York, 1970)

Greek Science after Aristotle (W W Norton, New York, 1973)

Needham, D M *Machina Carnis: The Biochemistry of Muscular Contraction and its Historical Development* (Cambridge University Press, Cambridge, 1971)

Nussbaum, Martha C *Aristotle's De Motu Animalium* (Princeton University Press, New Jersey, 1978)

Padel, R *In and Out of the Mind: Greek Images of the Tragic Self* (Princeton University Press, Princeton, 1992)

Phillips, E D *Greek Medicine* (Thames & Hudson, London, 1973)

Porter, R *The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity from Antiquity to the Present* (HarperCollins, London, 1997)

Rabinbach, A *The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity* (University of California Press, Berkeley, 1990)

Russell, B *A History of Western Philosophy* (George Allen & Unwin Ltd, Woking, 1946)

الفصل 3: الطاقة نفسها

Atkins, P W *Atoms, Electrons and Change* (Scientific American Library, W H Freeman and Co, New York, 1991)

Atkins, P W *The Second Law: Energy, Chaos and Form* (Scientific American Library, W H Freeman and Co, New York, 1994)

Bridgman, P W *The Nature of Thermodynamics* (Harper & Row, New York, 1961)

Edsall, J T & Guttfreund, H *Biothermodynamics* (Wiley, New York, 1983)

Fen, J B *Engines, Energy and Entropy* (W H Freeman and Co, New York, 1982)

Feynman, R *Six Easy Pieces: Essentials of Physics Explained by its Most Brilliant Teacher* (Addison-Wesley, New York, 1995)

Goldstein, M & Goldstein, I F *The Refrigerator and the Universe* (Harvard University Press, 1993)

Harman, P M *Energy, Force, and Matter* (Cambridge University Press, Cambridge 1982)

Harold, F M *The Vital Force: A Study of Bioenergetics* (W H Freeman and Co, New York, 1986)

Schrödinger, E *What is Life?* (Cambridge University Press, Cambridge, 1967)

Wrigglesworth, J *Energy and Life* (Taylor & Francis, London, 1997)

الفصل 4: آلية الحياة

Alberts, B et al *The Molecular Biology of the Cell* (Garland Publishing Inc, New York, 1994)

Goodsell, D S *The Machinery of Life* (Copernicus Books, New York, 1993)

Our Molecular Nature: the Body's Motors. Machines and Messages (Copernicus Books, New York, 1996)

Rensberger, B *Life Itself: Exploring The Realm of the Living Cell* (Oxford University Press, Oxford, 1996)

Rose, S *The Chemistry of Life* 3rd edition, (Penguin Books, London,

الفصل 5 : الجسم الكهربائي

Brown, G C & Cooper, C E *Bioenergetics: A Practical Approach* (IRL Press, Oxford, 1995)
Harold, F M *The Vital Force: A Study of Bioenergetics* (W H Freeman and Co, New York, 1986)
Keilin, D *The History of Cell Respiration and Cytochrome* (Cambridge University Press, Cambridge, 1966)
Nicholls, D G and Ferguson, S J *Bioenergetics 2* (Academic Press, London, 1992)
Piccolino, M 'Luigi Galvani and Animal Electricity: Two Centuries after the Foundation of Electrophysiology' *Trends in Neurosciences* 20, 443–448, 1997
Skulachev, V P *Membrane Bioenergetics* (Springer-Verlag, Berlin, 1988)
Wrigglesworth, J *Energy and Life* (Taylor & Francis, London, 1997)

الفصل 6 : مايتوكندريا : الوحوش التي في داخلنا

Barinaga, M 'Death by a Dozen Cuts' (*Science* 280, 32–34, 1998)
Brown, G C 'The Leaks and Slips of Bioenergetic Membranes' (*FASEB Journal* 6, 2961–2965, 1992)
Clark, W R *Sex and the Origins of Death* (Oxford University Press, Oxford, 1996)
Lehninger, A L *The Mitochondrion* (W A Benjamin Inc, New York, 1964)
Mignotte, B & Vayssiere, J-L 'Mitochondria and Apoptosis' *European Journal of Biochemistry* 252, 1–15, 1998
Miller, R J 'Mitochondria – the Kraken Wakes!' *Trends in Neuroscience* 21, 95–97, 1998
Nicholls, D G and Ferguson, S J *Bioenergetics 2* (Academic Press, London, 1992)
Wallace, D 'Mitochondrial *DNA* in Aging and Disease' *Scientific American* August 1997, 22–29, 1997

الفصل 7 : سرعة الحياة والموت

Austad, S N *Why we Age* (John Wiley & Sons, New York, 1997)
Blaxter, K *Energy Metabolism in Animals and Man* (Cambridge University Press, 1989)
Cahill, L, Prins, B, Weber, M and McGaugh, J L 'Beta-adrenergic activa-

tion and memory for emotional events' (*Nature* 371, 702–4, 1994)

Calder III, W A *Size, Function, and Life History* (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1984)

Clark, W R *Sex and the Origins of Death* (Oxford University Press, Oxford, 1996)

Reiss, M J *The Allometry of Growth and Reproduction* (Cambridge University Press, Cambridge, 1989)

Rolfe, D F S & Brown, G C 'Cellular Energy Utilisation and the Molecular Origin of Standard Metabolic Rate in Mammals' *Physiological Reviews* 77, 731–758, 1997

Schmidt-Nielsen, K *Scaling: Why is Animal Size So Important?* (Cambridge University Press, Cambridge, 1984)

الفصل 8: زيادة الوزن والحفاظ على الرشاقة

Halaas, J L et al 'Weight-reducing effects of the Plasma protein encoded by the obese gene' (*Science* 269, 543–546, 1995)

Kiberstis, P A and Marx, J (eds) 'Regulation of Body Weight' *Science* 280, 1363–1390, 1998

Kopelman, P G and Stock, M J (eds) *Clinical Obesity* (Blackwell Science, Oxford, 1998)

Levine, J A, Eberhardt, N L and Jensen, M D 'Role of non-exercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans' *Science* 283, 212–214 and 184–185, 1999

White, D A & Baxter, M *Hormones and Metabolic Control* (Edward Arnold, London, 1994)

Zhang, Y et al 'Positional Cloning of the Mouse Obese Gene and its Human Homologue' *Nature* 372, 425–432, 1994

الفصل 9: التمرين والتعب والتوتر

Alberts, B et al *Molecular Biology of the Cell* 3rd edition (Garland Publishing, New York, 1994)

Bagshaw, C R *Muscle Contraction* 2nd edition (Chapman & Hall, London, 1993)

Brooks, G A and Fahey, T D *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications* (Wiley, New York, 1984)

Brown, G C 'Control of Mitochondrial Respiration and ATP Synthesis in Mammalian Cells' (*Biochemical Journal* 284, 1–13, 1992)

Fell, D *Understanding the Control of Metabolism* (Portland Press, London, 1997)

Hargreaves, M *Exercise Metabolism, Human Kinetics* (Champaign, Illinois, 1995)

Kleiner, S M *High-performance Nutrition: The Total Eating Plan to Maximise your Workout* (John Wiley & Sons, New York, 1996)

Lovallo, W R *Stress and Health, Biological and Psychological Interactions* (Sage Publications, London, 1997)

Martin, P *The Sickening Mind* (HarperCollins, London, 1997)

McArdle, W D, Katch, F I & Katch, V L *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance* (Lea and Febiger, London, 1991)

Needham, D M *Machina Carnis: the Biochemistry of Muscular Contraction and its Historical Development* (Cambridge University Press, Cambridge, 1971)

Newsholme, E, Leach, T & Duester, G *Keep on Running: the Science of Training and Performance* (John Wiley & Sons, Chichester, 1994)

Powers, S K & Howley, E T *Exercise physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (W C Brown, Dubuque, Iowa, 1990)

Rhoades, R & Pflanzer, R *Human Physiology* (Saunders College Publishing, Philadelphia, 1989)

Simmons, R M (ed) *Muscle Contraction* (Cambridge University Press, Cambridge, 1992)

Whipp, B J & Ward, S A 'Will Women Soon Outrun Men?' *Nature* 355, 25, 1992

White, D A & Baxter, M *Hormones and Metabolic Control* (Edward Arnold, London, 1994)

Wirhed, R *Athletic Ability and the Anatomy of Motion* (Wolfe Medical, London, 1994)

الفصل 10: الطاقة العقلية

Buckwald, D, Sullivan, J L & Komaroff, A L 'Frequency of "Chronic Active Epstein-Barr Virus Infection" in a General Medical Practice' (*Journal of the American Medical Association* 257, 2303–7, 1987)

Cannon, W B *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage* (Appleton, New York, 1929)

Darwin, C *The Expression of the Emotions in Man and Animals* 3rd edition (ed) Paul Ekman (HarperCollins, London, 1998)

Dixon, J K, Dixon, J P & Hickey, M 'Energy as a Central Factor in the Self-assessment of Health' *Advances in Nursing Science* 15, 1–12, 1993

Dutton, D G and Aron, A P 'Some Evidence for Heightened Sexual Attraction in Conditions of High Anxiety' *Journal of Personality and Social Psychology* 30, 510–517, 1974

Franken, R E *Human Motivation* (Brookes/Cole, Pacific Grove, 1998)

Freud, S & Breuer, J *Studies on Hysteria* (Penguin Books, London, 1974)

Izard, C E *Facial Expressions and the Regulation of Emotions* Journal of Personality and Social Psychology 58, 487–498, 1990

James, W *Principles of Psychology*, vol.II, p.449 (Holt, New York, 1890)

Jones, E *The Life and Works of Sigmund Freud* (Penguin Books, London, 1993)

Kagan, J *Galen's Prophecy* (Free Association Books, London, 1994)

LeDoux, J *The Emotional Brain* (Weidenfeld & Nicolson, London, 1998)

Mook, D G *Motivation: the Organisation of Action* (W W Norton, New York, 1996)

Morgan, W P (ed) *Physical Activity and Mental Health* (Taylor & Francis, Washington, 1997)

Rabinbach, A *The Human Motor: Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity* (University of California Press, Berkeley, 1990)

Thayer, R E *The Origin of Everyday Moods: Managing Energy, Tension, and Stress* (Oxford University Press, Oxford, 1996)

Watson, D & Tellegen, A 'Towards a Consensual Structure of Mood' *Psychological Bulletin* 98, 219–235, 1985

Webster, R *Why Freud was Wrong: Sin, Science and Psychoanalysis* (HarperCollins, London, 1995)

Weiner, B *Human Motivation: Metaphors, Theories and Research* (Sage Publications, London, 1992)

الفصل 11: الطاقة الدماغية

Bear, M F, Connors, B W & Paradiso, M A *Neuroscience: Exploring the Brain* (Williams & Wilkins, Baltimore, 1996)

Cooper, J R, Bloom, F E & Roth, R H *The Biochemical Basis of*

Neuropharmacology 6th edition (Oxford University Press,Oxford, 1991)

Greenfield, S *The Human Brain: a Guided Tour* (Weidenfeld & Nicolson, London, 1997)

The Human Mind Explained (Cassell, London, 1996)

Olds, J & Milner, P 'Positive Reinforcement Produced by Electrical Stimulation of Septal Area and Other Regions of the Brain' *Comp. Physiol. Psychol.* 47, 419–427, 1954

Posner, M I & Raichle, M E *Images of Mind* (Scientific American Library, New York, 1994)

Rees, G, Frith, C D & Lavie, N, 'Modulating Irrelevant Motion Perception by Varying Attentional Load in an Unrelated Task' *Science* 278, 1616–1619, 1997

Snyder, S H *Drugs and the Brain* (Scientific American Library, New York, 1996)

Strange, P G *Brain Biochemistry and Brain Disorders* (Oxford University Press, Oxford, 1992)

White, F J 'Nicotine Addiction and the Lure of Reward' *Nature Medicine* 4, 659–660, 1998

الفصل 12 : الجنس والنوم

Anch, A M et al *Sleep: A Scientific Perspective* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988)

Anonymous 'Effects of Sexual Activity on Beard Growth in Man' *Nature* 226, 669–670, 1970

Barker, R *Sperm Wars* (Fourth Estate, London, 1996)

Bellis, M & Barker, R *Human Sperm Competition: Copulation, Masturbation and Infidelity* (Chapman & Hall, 1995)

Borbely, A *Secrets of Sleep* (Basic, New York, 1986)

Burnett, A L, Lowenstein, D J, Bredt, D S, Chang, T S K & Snyder, S H 'Nitric Oxide: a Physiologic Mediator of Penile Erection' *Science 257*, 401–404, 1992

Davidson, J M, Camargo, C A & Smith, E R 'Effects of Androgen on Sexual Behavior in Hypogonadal Men.' *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 48, 955–958, 1979

Franken, R E *Human Motivation* (Brookes/Cole, Pacific Grove, 1998)

Hobson, J A *Sleep* (Scientific American Library, New York, 1989)

Horne, J *Why We Sleep* (Oxford University Press, New York, 1988)
Lavie, P *The Enchanted World of Sleep* (Yale University Press, New Haven, 1996)
LeVay, S *The Sexual Brain* (MIT Press, Cambridge, 1993)
Masters, W H and Johnson, V E *Human Sexual Response* (Little, Brown, Boston, 1966)
Moir, A & Jessel, D *Brainsex: the Real Difference Between Men and Women* (Arrow Books, London, 1998)
Mook, D G *Motivation: The Organization of Action* (W W Norton, New York, 1996)
Morgenthaler, J & Joy, D *Better Sex through Chemistry* (Smart Publications, Petaluma, 1994)
'Wake up America: A National Sleep Alert' Vol. 1 of *Report of the National Commission on Sleep Disorders Research, Department of Health and Human Services*, Washington DC, 1993
Winson, J 'The Meaning of Dreams.' *Scientific American* November 1990, 58–67, 1990

الفصل 13 : المزاج والجنون والطاقة الإبداعية

Barondes, S H *Molecules and Mental Illness* (Scientific American Library, New York, 1993)
Goodwin, F K & Jamison, K R *Manic-Depressive Illness* (Oxford University Press, Oxford, 1990)
Jamison, K R *Touched with Fire: Manic-Depressive Illness and the Artistic Temperament* (Free Press/Macmillan, 1993)
Jamison, K R 'Manic-Depressive Illness and Creativity' *Scientific American* February 1995, 44–49, 1995
Kagan, J *Galen's Prophecy* (Free Association Books, London, 1994)
Kendler, K S, Heath, A, Martin, N G and Eaves, L J 'Symptoms of Anxiety and Depression in a Volunteer Population.' *Archives of General Psychiatry* 43, 213–221, 1986
Martin, P *The Sickening Mind* (HarperCollins, London, 1997)
LeDoux, J *The Emotional Brain* (Weidenfeld & Nicolson, London, 1998)
Lovallo, W R *Stress and Health: Biological and Psychological Interactions* (Sage Publications, London, 1997)

Nemeroff, C B 'The Neurobiology of Depression' *Scientific American*, June 1998, 28–35, 1998

Slater, E and Shields, J 'Genetic Aspects of Anxiety.' *British Journal of Psychiatry* 3, 62–71, 1969

Snyder, S H *Drugs and the Brain* (Scientific American Library, New York, 1996)

Sternberg, E M & Gold, P W 'The Mind-Body Interaction in Disease.' Special Issue Vol. 7, pp. 8–15, *Scientific American*, New York, 1997

Stone, A A et al 'Evidence that Secretory IgA Antibody is Associated with Negative Mood.' *Journal of Personality and Social Psychology* 52, 988–93, 1987

Wender, P H, Ketty S S, Rosenthal D, Schulsinger F, Ortmann J, Lunde I 'Psychiatric disorders in the biological and adoptive families of adopted individuals with affective disorders' *Archives of General Psychiatry* 43, 923–929, 1986

Zuckerman, M *Behavioural Expressions and Biosocial Bases of Sensation Seeking* (Cambridge University Press, Cambridge, 1994)

الفصل 14 : كيف تحصل على المزيد من الطاقة

Fenn, C *The Energy Advantage: Fuelling Your Body and Mind For Success* (Thorsons, London, 1997)

Morrison, J D 'Fatigue as a Present Complaint in Family Practice' *Journal of Family Practitioners* 10, 795–801, 1980

Shape, M, Hawton, K, Seagroatt, B and Pasvol, G 'Follow up of patients presenting with fatigue to an infectious-diseases clinic' *British Medical Journal 305*, 147–152, 1992

Stewart, A *Tired All the Time: The Common Causes of Fatigue and How to Achieve Optimum Health* (Vermilion, London, 1993)

Thayer, R E *The Origins of Everyday Moods: Managing Energy, Tension, and Stress* (Oxford University Press, Oxford, 1996)

Wessely, S & Powell, R 'Fatigue Syndromes: A Comparison of Chronic Post-Viral Fatigue with Neuromuscular and Affective Disorder' *Journal of Neurology, Neurosurgery, Psychiatry*, 52, 940–948, 1989

Williams, X *Fatigue: The Secrets of Getting Your Energy Back* (CEDAR, London, 1996)

Wood, G C, Bentall, R P, Gopfert, N, & Edwards, R H T 'The Comparative Psychiatric Assessment of Patients with Chronic Fatigue Syndrome and Muscular Disease' *Psychological Medicine* 21, 619–628, 1991

قائمة بالكلمات العسيرة

أدينوسين دايفوسفات: ADP الذي عندما يضاف إليه فوسفات آخر يصبح ATP.

أدرينالين: هرمون تطلقه الغدد الكظرية في حالات التهديد فيحفِّز الطاقة الجسمية.

الأحماض الأمينية: جزيئات صغيرة يمكن أن تُنَظَّم كخرزات السبحة لتشكِّل البروتينات.

أمفيتامين: عَقار مُحَفِّز (سريع) يُولِّد نشاطاً زائداً وتعباً مخفضاً.

الجهاز العصبي اللاإرادي: ANS.

موت الخلية: شكل نشيط من موت الخلية حيث تدمر الخلية نفسها دون أن تسبِّب ضرراً لبقية الجسم.

إثارة: نشاط وحساسية زائدين للقدرات العقلية.

أدينوسين ترايفوسفات: ATP جزيء يحمل كهرباء فوسفاتية داخل الخلية.

الجهاز العصبي اللاإرادي: جهاز في الأَعصاب يمتد من قاعدة الدماغ لبقية الجسم ويتفرع عنه الجهاز العصبي الودي والجهاز العصبي نظير الودي.

المحور العصبي: امتداد طويل ورفيع للعصبون ينطلق من خلاله النبض العصبي.

معدل الاستقلاب الأساسي: معدل استخدام الطاقة من قبل الجسم كله أثناء الراحة في محيط مريح بعد الوجبة الأخيرة بسبع ساعات.

الكيمياء البيولوجية: البيولوجيا على المستوى الجزيئي والخليوي.

علم الطاقة البيولوجية: علم يبحث في طاقة الجسم.

دليل كتلة الجسم: الوزن بالكيلو يُقسم على مربع الارتفاع بالمتر.

كاربوهايدريت: جزيئات معقدة مصنوعة من السكريات.

شحنة: خاصة من خواص المادة تمكنها من الاستجابة للقوة الكهربائية.

إحراق: عملية احتراق.

كورتيزول: هرمون التوتر يُطْلق من قبل الغدد الكظرية ويُحفِّز الطاقة ويكبح جهاز المناعة.

الكرياتين: جزيء صغير قادر على حمل الكهرباء الفوسفاتية على شكل كرياتين فوسفاتي.

هرمون إطلاق الكورتيكوتروبين: CRH: يتشكّل من قبل الهايبوتلامس أثناء التوتر ويُحرِّض جهاز التنشيط الشبكي RAS والجهاز العصبي الودي وينظم إطلاق الكورتيزول والإندروفين.

البروتين الملون: بروتين ملون يحتوي على الحديد ويحمل إلكترونات، وبالتالي يحمل الكهرباء في الخلية.

أوكسيديس البروتين الملون: جزء من سلسلة النقل الإلكتروني للمايتوكندريا التي تنقل الإلكترونات إِلى الأوكسجين.

داء السكر: مرض يتصف بارتفاع مستوى غلوكوز الدم على نحو غير طبيعي.

مرسمة أمواج الدماغ: تقيس النشاط الكهربائي في الدماغ.

النبض الكهربائي: إشارة كهربائية تمر من خلال المحور العصبي للعصبون أَو غشاء خلية أُخرى.

إلكترون: أصغر جزيء من المادة وله شحنة سالبة.

سلسلة النقل الإلكتروني: سلسلة من البروتونات داخل المايتوكندريا، وتعمل كسلك يحمل الإلكترونات من الطعام إِلى الأوكسجين.

الإيندروفين: هرمون الدماغ ينظم المزاج والألم.

الطاقة: القدرة على العمل.

الإنتروبيا: مقياس عن كيفية التوزيع العشوائي للمادة والطاقة.

الأنزيما: آلة بروتينية تستطيع أن تحول الجزيء إِلى جزيء آخر.

الدسم: جزيء معقد مصنوع على نحو جوهري من الكاربون والهايدروجين ويعمل كمستودع للوقود، وموجود إما في النسيج الدسم البني أَو الأبيض.

الحامض الدهني: جزيء صغير يحمله الدم ويعمل عمل الوقود للجسم ويخزن كدسم. يتكون جزيء واحد من الدسم من ثلاثة جزيئات من الحامض الدهني وجزيء من الغلايسيرول.

الخميرة: مفهوم من الكيمياء القديمة لكلمة الحفاز. وفيما بعد أصبحت تُعرف باسم أنزيما.

الكر أَو الفر: استجابة الجسم والعقل لموقف مرعب نشأ عن تنشيط الجهاز العصبي الودي وإطلاق الأدرينالين.

الشقوق الطليقة: جزيء ليس له إلكترون مزدوج ويستطيع أن يختطف الإلكترونات من جزيئات أُخرى.

القوة: سبب زيادة أَو تباطؤ السرعة.

العناصر الأربعة: فكرة إغريقية، وأصبحت نظرية فيما بعد، تقول إن كل شيء يتكون من أربعة عناصر غير قابلة للتخريب أَو الإتلاف وهي، النار، والماء، والتراب، والهواء.

غلوكوز: مادة سكرية ضرورية من أجل وقود طاقة الجسم والدماغ.

ملايكوجين: شكل تخزيني للغلوكوز وغالباً ما نجده في الكبد والعضلات.

غلايكوليسيس: عملية تحويل الغلوكوز أَو الغلايكوجين إِلى حامض اللبن.

الهيموغلوبين: بروتين يحمل الأوكسجين في الدم.

الهرمون: جزيء يجري في مجرى الدم يحمل إشارة من نسيج واحد إِلى أنسجة أُخرى.

محور الغدة الكظرية ـ الغدة النخامية ـ الهايبوتلامس: HPA جهاز من الأَعصاب والهرمونات ينظم استجابة التوتر.

الأخلاط الأربعة: سوائل الجسم حسب النظرية الإغريقية التي تعمل كعناصر الجسم.

نقص غير سوي في مقدار السكر في الدم:

مَسٌّ معتدل: Hypomania.

الهايبوتلامس: جزء من الدماغ يضبط الدوافع النفسية.

جهاز المناعة: جهاز بدني من أجل تمييز وقتل الغزاة من الكائنات الممرضة.

الإنسولين: هرمون يُطْلَقُ في الدم من قبل البانكرياس عندما يرتفع مستوى سكر الدم. ويُحَفِّز النمو وتخزين الغلولكوز.

الأيون: ذرة أَو جزيء صغير مشحون كهربائياً.

حامض اللبن: النتاج النهائي للغلايكولايسيس. يسبّب إحساساً حارقاً لدى العدّائين غير المؤهلين.

كتلة خالية من الدسم: كتلة نسيج بدون دهن.

ليبتين: هرمون يتشكّل من قبل النسيج الدسم ويؤثّر على الدماغ لإنقاص المحتويات الدسمة من الجسم.

ليبيدو: طاقة جنسية.

جهاز ليمبيك: قسم من الدماغ يتعامل مع العواطف.

الغشاء: جدار رقيق يحيط بالخلية أَو حجيرات الخلية.

طريقة الاستقلاب: سلسلة من الأنزيمات بواسطتها تتحول الجزيئات بصورة متعاقبة داخل الخلية.

معدل الاستقلاب: معدل تستخدم الطاقة عنده من قبل الحيوانات أَو البشر.

الاستقلاب: التحول الكيميائي الذي يجري داخل الخلية.

المايتوكندريا: جزيئات في خلايانا تحرق الطعام محولة الطاقة إلى كهرباء خليوية.

البيولوجيا الجزيئية: دراسة بيولوجية على المستوى الجزيئي.

جزيء: ترتيب ثابت للذرات.

المرنان المغناطيسي: MRI تصوير بالرنين المغناطيسي، طريقة سليمة لمشاهدة داخل العقل والجسم.

التنكرز: موت خليوي فوضوي سلبي، وقد يؤذي الخلايا المحيطة.

نيجنتروبي: Negentropy قياس درجة ترتيب الأشياء.

نَبْضٌ عصبي: إشارة كهربائية تنتقل من خلال محور العصبون.

التفسخ العصبي: مرض مثل الزهايمر يسبِّب انحلال وظائف الدماغ ببطء.

العصبون: خلية عصبية ترسل النبضات الكهربائية.

المرسل العصبي: مادة كيميائية يطلقها العصبون عند نقطة الاشتباك العصبي ويؤثِّر على العضلات أو العصبونات لترسل الإشارة.

النيوترون: جسيم من المادة ليس له شحنة.

نورأدرينالين: مرسل عصبي يطلقه جهاز التنشيط الشبكي RAS داخل الدماغ والجهاز العصبي الودي في الجسم في موقف ينذر بالخطر ويسبِّب تحريض طاقة الجسم والدماغ وإطلاق الأدرينالين.

البدانة: مؤشر لكتلة جسم أكبر من الثلاثين أو وزن أكبر من المثالي بنسبة عشرين في المئة.

الجهاز العصبي نظير الودي: جهاز من الأَعصاب يبطل آثار الجهاز العصبي الودي وينهي استجابة الكر أو الفر.

رسم انبعاث البوزيترون: PET طريقة من أجل مشاهدة التغيرات الدماغية والجسدية.

اللاهوب: مصدر من الحرارة واللهب يُطْلَقُ بواسطة الاحتراق حسب نظرية اللاهوب.

الفوسفات: جزيء صغير يتألّف من ذرة فوسفورية واحدة وبضع ذرات من الأوكسجين والهايدروجين وله شحنة سالبة عندما يُحَل في الماء.

الكرياتين الفوسفوري: جزيء صغير يحمل كهرباء فوسفاتية ضمن العصبونات والخلايا العضلية.

النَّفْس: مفهوم إغريقي عن الطاقة كالهواء والروح والنَّفَس داخل وخارج الجسم.

بروتين: نوع من ثلاثة أنواع رئيسية للجزيء المعقد في الجسم. مكون من خيط من الأحماض الأمينية.

البروتينات: جزيئات معقّدة مكونة من البروتين، وتؤدي جميع المهام الضرورية في الجسم.

البروتون: جسيم من المادة وله شحنة موجبة.

تسرب البروتون: تسرّب البروتونات عبر غشاء المايتوكندريا.

RAS: راجع جهاز التنشيط الشبكي.

المِتلقي: بروتين نجده على غشاء الخلية الذي يُقَيِّد الهرمون أَو المرسل العصبي ويكوِّن إشارة مناسبة ضمن الخلية.

REM: الحركة العينية السريعة.

نوم الحركة العينية السريعة: مرحلة متميزة من النوم مع الأحلام.

التنفس: كانت تعني هذه الكلمة قديماً تبادل الغازات (الأوكسجين مقابل ثاني أوكسيد الكربون) في الرئتين. أما الآن فتعني استهلاك الأوكسجين من قبل المايتوكندريا ضمن خلايانا.

جهاز التنشيط الشبكي: جهاز من العصبونات تنشأ عن قاعدة الدماغ ويمتد إِلى بقية الدماغ لكي يُحْدِث الإثارة.

القانون الثاني من الديناميكية الحرارية: مقياس الإنتروبيا يزداد دائماً.

السيروتونين: مرسل عصبي يعمل ضمن الدماغ لينظم المزاج والعدوان.

الصوديوم: عنصر كيميائي عندما يتحد مع الكلوريد، يشكل ملح (كلوريد

الصوديوم). ولكن عندما ينحل في الماء فإنه يصبح أيون صوديوم مشحون إيجابياً.

مضخة الصوديوم: ناقل نجده في غشاء الخلية. يضخ أيونات الصوديوم إلى خارج الخلية.

الضغط النفسي: استجابة مزمنة أَو طويلة البقاء للكر أَو الفر.

الجهاز العصبي الودي: جهاز من الأَعصاب ينشأ من قاعدة الدماغ ويمتد إلى بقية الجسم ويطلق النورأدرينالين ليحدث استجابة الكر أَو الفر.

نقطة الاشتباك العصبي: ثغرة ضئيلة بين العصبون والعضلة أَو عصبون آخر، التي عبرها ينقل المرسل العصبي إشارة.

توتر: حالة من الاحتراس والتهيؤ للعمل.

الديناميكية الحرارية: علم يبحث في تحويل الطاقة.

ناقل: آلة بروتينية تستطيع أن تنقل جزيئات محددة عبر الخلية.

القوة الحيوية: قوة افتراضية نجدها فقط في الأشياء الحية، كانت تغذي العمليات الحية.

الحيوية: اعتقاد يقول إن العمليات الحية لا تُفَسَّر بقوى غير حية وإنما تشتمل على قوة حية.

الفهرس